



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

**“SISTEMA DE HIDROTERAPIA EN EL TRATAMIENTO DE DISPLASIA
COXOFEMORAL PARA PERROS DE RAZA PEQUEÑA”**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

AREA: Física y Electrónica

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas de control

AUTOR: Carlos Steven Moya Gamboa

TUTOR: Ing. Mg. Santiago Manzano.

Ambato - Ecuador

Octubre – 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: “SISTEMA DE HIDROTERAPIA EN EL TRATAMIENTO DE DISPLASIA COXOFEMORAL PARA PERROS DE RAZA PEQUEÑA”, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación, por el señor Carlos Steven Moya Gamboa, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, octubre 2020.



Firmado electrónicamente por:
**VICTOR SANTIAGO
MANZANO
VILLAFUERTE**

Ing. Mg. Santiago Manzano

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “SISTEMA DE HIDROTERAPIA EN EL TRATAMIENTO DE DISPLASIA COXOFEMORAL PARA PERROS DE RAZA PEQUEÑA” es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, octubre 2020.



Carlos Steven Moya Gamboa

CC: 1804571576

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Carlos Steven Moya Gamboa, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado “SISTEMA DE HIDROTERAPIA EN EL TRATAMIENTO DE DISPLASIA COXOFEMORAL PARA PERROS DE RAZA PEQUEÑA”, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, octubre 2020.



Firmado electrónicamente por:
**ELSA PILAR
URRUTIA**

Ing. Pilar Urrutia, Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**GEOVANNI DANILO
BRITO MONCAYO**

Ing. Mg. Geovanni Brito
PROFESOR CALIFICADOR



Firmado electrónicamente por:
**ELIZABETH
PAULINA AYALA
BANO**

Ing. Paulina Ayala
PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, octubre 2020.



Carlos Steven Moya Gamboa

CC: 1804571576

AUTOR

DEDICATORIA

*Dedico este trabajo, a mis padres,
quienes día a día dedicaron su
esfuerzo para poder educarnos a
mi hermana y a mí, en la
honestidad, el trabajo duro y
honrado y, sobre todo, en la
perseverancia.*

*Mi hermana, por estar siempre
pendiente de mí y apoyarme en
todos los momentos.*

Carlos Steven Moya Gamboa

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la sabiduría y las fuerzas para poder completar esta etapa de mi vida estudiantil.

Agradezco a mis padres Carlos Moya y Lilian Gamboa, quienes dedicaron su vida para instruirnos, realizando enormes sacrificios, trabajando arduamente para que no nos falte nada, más que lo material, la educación. A mi padre, que siempre me exigió dar lo mejor de mí en todo momento. A mi madre, quien siempre ha estado a mi lado dándome palabras de aliento para seguir adelante. A mi hermana, quien me ha apoyado durante mi carrera estudiantil.

A la universidad que me brindó una oportunidad de cumplir mi sueño. A mi tutor, Ing. Mg. Santiago Manzano, por compartir sus conocimientos, una persona muy conocedora de las materias que imparte, además de un gran amigo.

Carlos Steven Moya Gamboa

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT	xv
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.1.1. Contextualización del problema	3
1.1.2. Fundamentación teórica	5
1.2. Objetivos	32
CAPITULO II.- METODOLOGIA	33
2.1. Materiales	33
2.2. Métodos	33
2.2.1. Modalidad de la Investigación	33
2.2.2. Recolección de Información	34
2.2.3. Procesamiento y Análisis de Datos	34
2.2.4. Desarrollo del Proyecto	35
CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1. Desarrollo de la propuesta	36
3.2. Descripción general del sistema	39
3.3. Diseño y elaboración estructural del sistema	39
3.4. Diseño e implementación del sistema SCADA	46
3.5. Análisis de resultados	84
3.6. Presupuesto	88
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES	90
4.1. Conclusiones	90
Referencias Bibliográficas	92
Anexos	98

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Radiografía ángulo anormal Norberg-Olsson [15].	8
Figura 1.2: Soporte peso relativo [19].	13
Figura 1.3: Cinta subacuática [1].	16
Figura 1.4: Sistema de lazo abierto [24].	19
Figura 1.5: Sistema de lazo cerrado [24].	19
Figura 1.6: Clasificación de sensores según la variable física medida [25].	20
Figura 1.7: Estructura de un encoder [28, pp. 126 - 134].	23
Figura 1.8: Driver motor DC [29].	24
Figura 1.9: Arduino Uno [35].	27
Figura 1.10: Raspberry Pi 3B [36].	28
Figura 1.11: Logo MyOpenLab [38].	29
Figura 1.12: Panel Circuito [38].	30
Figura 1.13: Librería de elementos de Visualización y Control [38].	31
Figura 1.14: Panel Frontal [38].	31
Figura 1.15: Librería de elementos funcionales [38].	32
Figura 3.1: Vista frontal estructura.	40
Figura 3.2: Vista posterior estructura.	40
Figura 3.3: Vista Lateral Derecha.	41
Figura 3.4: Vista Lateral Izquierda.	41
Figura 3.5: Vista superior estructura.	42
Figura 3.6: Vista inferior estructura.	42
Figura 3.7: Diseño final estructura.	43
Figura 3.8: Base de estructura.	43
Figura 3.9: Estructura metálica.	44
Figura 3.10: Sistema mecánico.	44
Figura 3.11: Sistema motor-eje.	45
Figura 3.12: Estructura final.	45
Figura 3.13: Diagrama de bloques.	46
Figura 3.14: Diagrama encoder.	49
Figura 3.15: Circuito PCB encoder.	49
Figura 3.16: Ubicación sistema mecánico.	50

Figura 3.17: Diagrama placa electrónica conexión sensores.	50
Figura 3.18: Circuito PCB conexión de sensores.	51
Figura 3.19: Placa conexión de sensores.....	51
Figura 3.20: Diagrama de fuerzas.	54
Figura 3.21: Motor seleccionado [58].....	61
Figura 3.22: Diagrama de control.	65
Figura 3.23: Circuito PCB placa control.....	65
Figura 3.24: Placa de control.	66
Figura 3.25: Placa electrónica Step up [69].	66
Figura 3.26: Diagrama de conexión.	67
Figura 3.27: Diagrama de conexión en bloques.....	67
Figura 3.28: Ensamble caja elementos de control.....	68
Figura 3.29: Ensamble caja Raspberry.....	68
Figura 3.30: Sección ingreso de información principal.vlogic.	70
Figura 3.31: Habilidad de entradas de texto.	71
Figura 3.32: Sección visualización principal.vlogic	71
Figura 3.33: Acción botón nuevo.....	72
Figura 3.34: Acción botón previo.	72
Figura 3.35: Acción botón apagar.	73
Figura 3.36: Sección lectura y desentramado.	74
Figura 3.37: Modo Manual o Automático.....	74
Figura 3.38: Sección llenado.....	75
Figura 3.39: Sección vaciado.	76
Figura 3.40: Sección velocidad.	76
Figura 3.41: Rpm a m/s.	77
Figura 3.42: Sección envío y entramado.....	77
Figura 3.43: Sección fecha y hora.....	78
Figura 3.44: Sección registro datos de control.....	78
Figura 3.45: Cerrar pantalla.	79
Figura 3.46: Panel Frontal control.vlogic.	79
Figura 3.47: Base de datos y tablas.....	80
Figura 3.48: Tabla usuario.	80
Figura 3.49: Tabla registro.....	80

Figura 3.50: Tabla control.....	81
Figura 3.51: Ingreso.html.....	81
Figura 3.52: Index.php.....	82
Figura 3.53: Charts.php.....	83
Figura 3.54: Tables.php.....	83
Figura 3.55: Relación Velocidad vs Potencia.....	87
Figura 3.56: Costos equipos comerciales vs prototipo.....	87
Figura B.1: Soldadura pilares.....	103
Figura B.2: Colocación caminadora y eje motriz.....	103
Figura B.3: Colocación motor y conjunto mecánico.....	104
Figura B.4: Colocación acrílico transparente.....	104
Figura C.1: Desinstalación Java.....	105
Figura C.2: archivo sources.list.....	106
Figura C.3: Update Raspbian.....	106
Figura C.4: Instalación jdk.....	107
Figura C. 5: java -version.....	107
Figura C.6: Pagina MyOpenLab.....	108
Figura C.7: Archivos MyOpenLab.....	108
Figura C.8: Propiedades del archivo.....	109
Figura C.9: GNU LICENSE.....	109
Figura C.10: Selección idioma.....	110
Figura C.11: Userdefined Element Path.....	110
Figura C. 12: Pantalla principal MyOpenLab.....	111
Figura C.13: Error Serial.....	111
Figura C. 14: Instalación Arduino.....	112
Figura C. 15: Archivo RXTXcomm.....	112
Figura H.1: Verificación Apache.....	120
Figura H.2: Configuración mysql_secure_installation.....	121
Figura H.3: Instalación completa MYSQL.....	122
Figura H.4: Asignación privilegios MYSQL.....	122
Figura H.5: Configuración phpMyAdmin.....	123
Figura H.6: phpmyadmin-dbconfig.....	123
Figura H.7: phpMyAdmin-MySQL.....	124

Figura H.8: Acceso phpMyAdmin.....	124
Figura H. 9: Pantalla principal phpMyAdmin.....	125
Figura I.1: Primera sesión Lucky.....	126
Figura I.2: Sesiones finales Lucky.....	127
Figura I.3: Sesiones Princesa.	128
Figura I.4: Sesiones Finales Princesa.....	129
Figura I.5: Sesiones Noha.	130
Figura I.6: Sesiones Finales Noha.....	131
Figura I.7: Primeras sesiones Pimienta.	132
Figura I.8: Sesiones Finales Pimienta.	133
Figura I.9: Primeras sesiones Luna.	134
Figura I.10: Sesiones Finales Luna.	135

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Signos clínicos en perros jóvenes y adultos [15].	8
Tabla 1.2: Grados de displasia coxofemoral canina [16].	9
Tabla 1.3: Técnicas de Fisioterapia [19].	12
Tabla 1.4: Variación de peso respecto a la inmersión [19].	13
Tabla 1.5: Usos de la terapia acuática. [17, p. 117]	15
Tabla 1.6: Características técnicas Arduino Uno [35].	28
Tabla 1.7: Características Raspberry Pi 3B [37].	29
Tabla 2.1: Lista de Materiales	33
Tabla 3.1: Causas, signos clínicos y tratamiento de displasia coxofemoral [15].	36
Tabla 3.2: Modalidades de hidroterapia [17].	37
Tabla 3.3: Factores asociados a rehabilitación con cinta subacuática [17], [19], [1].	38
Tabla 3.4: Equipos Comerciales.	38
Tabla 3.5: Características sensores ultrasónicos.	47
Tabla 3.6: Características sensores de temperatura.	48
Tabla 3.7: Características sensores de velocidad.	48
Tabla 3.8: Características tarjetas de desarrollo electrónicas.	52
Tabla 3.9: Características tarjetas SBC.	53
Tabla 3.10: Características driver motor DC.	62
Tabla 3.11: Características electroválvulas.	63
Tabla 3.12: Características bombas.	64
Tabla 3.13: Características software monitoreo.	69
Tabla 3.14: Características de los pacientes previo a la hidroterapia.	84
Tabla 3.15: Características de tratamiento de pacientes.	85
Tabla 3.16: Relación Velocidad vs Potencia.	86
Tabla 3.17: Presupuesto elementos y dispositivos.	88
Tabla 3.18: Presupuesto empleado en el prototipo.	89

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación se enfoca en el diseño e implementación de un sistema de hidroterapia en el tratamiento de displasia coxofemoral para perros de raza pequeña, el cual fue desarrollado a partir de la necesidad de un procedimiento fisiátrico eficiente y económico en la rehabilitación de enfermedades óseas caninas. El sistema utiliza las propiedades físicas del agua y sus beneficios en el tratamiento de la discapacidad motriz.

El sistema consta de una cinta subacuática, la cual genera el movimiento de las extremidades del paciente en diferentes velocidades determinadas por el especialista. El ingreso de agua es controlado para alcanzar una temperatura adecuada para la rehabilitación; la cual se mantiene constante gracias a una estructura de acero inoxidable. Permite regular el nivel de agua, reduciendo el peso corporal y facilitando el movimiento de las extremidades afectadas al ejercer menor presión sobre ellas. El control de funcionamiento se lo realiza mediante un sistema SCADA desarrollada en el software MyOpenLab, el cual permite el ingreso de información del paciente, visualización y regulación de la velocidad de movimiento de la cinta, el nivel de agua y la temperatura de la misma. La información es registrada en un servidor LAMP, en el cual se monitoriza el progreso del perro.

El sistema de hidroterapia brinda una solución no invasiva en el tratamiento de enfermedades de motricidad canina, dando una alternativa tanto al animal como al dueño de un procedimiento fisiátrico; además, permite registrar el progreso del paciente para la implementación de nuevas técnicas de rehabilitación, evitando realizar una eutanasia al can.

Palabras clave: rehabilitación canina, hidroterapia, cinta subacuática.

ABSTRACT

This research project focuses on the design and implementation of a hydrotherapy system in the treatment of coxofemoral dysplasia for small dogs, that was developed based on the need of an efficient and economical physiological procedure in canine bones disease's rehabilitation. The system uses the physical properties of water and its benefits in the treatment of motor disability.

The operation of the system consists on an underwater treadmill, that generates movement in patient's limbs at different speeds determined by a specialist. The ingress of water is controlled to reach a suitable temperature for the rehabilitation; which is kept constant thanks to a stainless-steel structure. It allows to regulate water level, reducing body weight and consenting the movement of the affected limbs since less pressure is exerted on them. The operation control is carried out by a SCADA system developed in MyOpenLab, that allows to entry information associated to the patient, visualization and regulation of the speed of the underwater treadmill, the level of water and the temperature. The information is registered in a LAMP server, in which the dog's progress can be monitored.

The hydrotherapy system provides a non-invasive solution in the treatment of canine motor diseases, giving an alternative to both, animal and owner, get a physiological procedure; In addition, it allows to record patient's progress to get new rehabilitation techniques, avoiding euthanasia in the dog.

Keywords: canine rehabilitation, hydrotherapy, underwater treadmill.

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

Del proceso de investigación realizado en los repositorios de diversas Universidades Nacionales e Internacionales, así como en artículos científicos publicados en diferentes revistas, se ha encontrado información que sirvió de soporte a la investigación sobre la aplicación de hidroterapia en la rehabilitación canina, las cuales se describen a continuación:

En el año 2015, en el estudio realizado por Martin Drum, Denis Marcellin y Michael Davis en Estados Unidos con el tema “**Principles and Applications of Therapeutic Exercises for Small Animals**” se analiza el efecto de la velocidad de una cinta de correr bajo el agua en perros de raza grande, mediana y pequeña. La velocidad típica para perros medianos y grandes se encuentra entre 0.3 y 0.5 m/s. Para razas más pequeñas, la velocidad varía entre 0.2-0.3 m/s. Sin embargo, la velocidad ideal puede no ser la misma para todos los perros dentro de la misma condición. Por lo tanto, es fundamental que la marcha del paciente se encuentre en constante monitoreo. La velocidad debe ajustarse para maximizar el uso de las extremidades afectadas, pero la cojera no aumente. Los resultados demuestran que una velocidad más lenta fomenta la carga de peso y la extensión de la cadera en casos de escisión de la cabeza y cuello femoral, mientras que una velocidad más rápida desafía los músculos y el sistema cardiovascular en el acondicionamiento de perros obesos o atléticos [1].

En el año 2016, en el estudio realizado por Frank Barnicoat y Alison Wills en Reino Unido con el tema “**Effect of water depth on limb kinematics of the domestic dog (Canis lupus familiaris) during underwater treadmill exercise**” se analiza el efecto de cuatro profundidades de agua (seco, tarso medio, entre el maléolo lateral y el epicóndilo lateral y entre el epicóndilo lateral y el trocánter mayor) sobre el factor de trabajo, la longitud de zancada y la frecuencia de zancada de ocho perros sanos

caminando sobre una cinta de hidroterapia canina Westcoast Hydrotherapy. Los resultados demuestran que, con el aumento de la profundidad del agua, se apoya más flotabilidad del cuerpo, reduciendo efectivamente el peso del animal obteniendo una mayor longitud de zancada y, por lo tanto, una mayor velocidad en galgos de carreras o perros de agilidad. Un nivel adecuado de agua permite al perro levantar la extremidad verticalmente con un mayor arco de vuelo, disminuyendo la frecuencia de zancadas. Esto permite a pacientes con problemas en las articulaciones, reducir la cantidad de desgaste mecánico en las mismas, hacer ejercicio y mantenerse dentro de un peso saludable, mientras retrasa la progresión de enfermedades óseas [2].

En el año 2017, en el estudio realizado por Sairéad Wild publicado en la revista “Veterinary Nursing Journal” con el tema “**Canine cranial cruciate ligament damage and the use of hydrotherapy as a rehabilitation tool**” se analiza la efectividad de la hidroterapia como técnica de rehabilitación en la mecánica de la articulación de la rodilla del ligamento cruzado craneal canino. Los pacientes que padecen esta enfermedad redistribuyen el esfuerzo de movimiento hacia sus extremidades no lesionadas, que luego están sujetas a fuerzas mayores. Los resultados demuestran que, mediante el uso de cintas subacuáticas, un conjunto bien administrado de ejercicios prescritos y un constante monitoreo, se observa una diferencia apreciable entre las extremidades afectadas y no afectadas para la circunferencia del muslo y la flexión de la rodilla en comparación con las terapias de caminata terrestres; además, caminar en una cinta de correr bajo el agua es un movimiento más controlado que nadar, ya que ejerce menor tensión o torsión en la columna vertebral y las articulaciones, siendo más apropiado para las primeras etapas de recuperación y fortalecimiento. La hidroterapia se puede usar para acondicionar perros o como cuidados paliativos debido a su ligero efecto analgésico [3].

En el año 2017, en el estudio realizado por Grazielle Pereira da Silva, Stephan Alberto Machado y Nathália Lira Jansen en Brasil con el tema “**O uso da fisioterapia como método auxiliar no tratamento da displasia coxofemoral**” se tiene como objetivo demostrar la eficiencia de los procesos de fisioterapia postquirúrgicos en el caso de displasia de cadera en un paciente canino. Entre las terapias utilizadas en el estudio se encuentra la magnetoterapia, electroterapia, hidroterapia y ozonoterapia. Los

resultados demuestran que la hidroterapia fue útil después de la operación gracias a las propiedades físicas de antigравidad, flotabilidad y presión hidrostática; afirmando que, el paciente trabaja con menor carga articular, estando indicado en postoperatorio ortopédico [4].

1.1.1. Contextualización del problema

El perro, igualmente llamado can o canino, es considerado el mejor amigo del hombre, pariente cercano del lobo, domesticado hace aproximadamente 15.000 años atrás. Este animal no solo se lo considera como mascota o animal de compañía, sino además un miembro de la familia. Al igual que los humanos, padecen enfermedades que acortan su vida; uno de los problemas con mayor incidencia en las consultas veterinarias se relaciona a dolencias osteoarticulares, ya que perturba la calidad de vida del paciente al causar dolor leve o agudo en perros cachorros y adultos [5].

La displasia de cadera es una de las enfermedades óseas y articulares que más afecta a perros. Sus síntomas pueden pasar desapercibidos cuando el perro es todavía joven. En 1935 se describe por primera vez esta enfermedad, desde entonces se han desarrollado múltiples investigaciones para determinar tratamientos eficaces tanto en su diagnóstico como en su prevención. Es clasificada como una enfermedad hereditaria pero no congénita, es decir, los padres heredan esta enfermedad a sus hijos, pero estos nacen con la cadera sana y en su crecimiento se observan una serie de alteraciones. Si bien, el ADN es la principal causa de esta enfermedad, la falta de atención de las mascotas, tanto en su actividad física como en su dieta influyen directamente en la evolución de la misma [6].

Clínicamente esta enfermedad se exterioriza de diferentes formas. En animales jóvenes con edades inferiores a un año se identifica por dolor y marcada cojera; además, se observa con periodicidad una marcha “a saltos de conejo”, en la cual ambos miembros posteriores avanzan simultáneamente al correr. En canes adultos se presenta dolor crónico, anormalidades al caminar, dificultad para incorporarse, subir escaleras o saltar obstáculos y reducción del movimiento articular en la sección coxofemoral [5]. Antes de realizar un tratamiento para esta enfermedad, es recomendable que un especialista

valore el nivel de gravedad de la misma mediante una radiografía o resonancia magnética. En su gran mayoría, los médicos veterinarios sugieren evitar una intervención quirúrgica; sin embargo, el cirujano es quien determina si debe intervenir o no [7].

Existen tratamientos conservadores que utilizan métodos de rehabilitación y fisioterapia para disminuir el dolor en el paciente sin la necesidad de una intervención quirúrgica. Estos nuevos procedimientos son muy eficaces en el tratamiento de displasia coxofemoral de perros; ralentizando el proceso degenerativo, controlando la dolencia e incrementando el tono muscular [7]. Una de las terapias con mayor acogida es la hidroterapia. Este tratamiento utiliza las propiedades físicas del agua para proveer un efecto analgésico, aliviando los niveles de dolor y aumentando la movilidad en las articulaciones afectadas. Los tipos de hidroterapia más utilizadas son la natación en piscina y la terapia con cinta subacuática [3].

La terapia con cinta de correr bajo el agua ha ganado popularidad como método de rehabilitación canina, ya que no solo se la utiliza para la promoción de la salud, sino que, además aumenta el rendimiento en la locomoción de canes. La flotabilidad brinda una disminución en el impacto y en la carga de peso de las extremidades en el ejercicio. Los usos de la hidroterapia, en especial de la cinta de correr bajo el agua, permiten reducir la cojera, incrementar la aptitud cardiovascular, además de servir en el tratamiento de afecciones osteoarticulares. La terapia de cinta de correr bajo el agua también resulta ventajosa sobre la natación en piscina, ya que la profundidad del agua y la velocidad de la cinta de correr se puede alterar fácilmente, lo que permite el desarrollo de protocolos de entrenamiento [2].

En Ecuador, existen una gran cantidad de establecimientos de atención veterinaria y centros de manejo de perros, los cuales cuentan con diferentes tipos de tratamientos de rehabilitación canina entre los cuales se encuentra: magnetoterapia, laserterapia, fototerapia; sin embargo, no es habitual encontrar tratamientos con hidroterapia en la mayoría de centros veterinarios; debido a los altos costos de instalación y mantenimiento. En el país, no se realiza procesos de importación de equipos de terapia de cinta bajo el agua ya que su costo es muy elevado; sin mencionar que, los tramites

de transporte y logística requieren de un proceso cauteloso para que la mercancía no llegue fuera de tiempo o en malas condiciones [8].

El desarrollo de un sistema de hidroterapia canina eficiente y económico permitirá tanto a médicos veterinarios como pacientes acceder a este tipo de terapias de rehabilitación, contribuyendo a la medicina veterinaria en el mejoramiento de la calidad de vida de los canes. La terapia utilizando cinta bajo el agua brinda un incremento en la fuerza muscular, mayor flexibilidad, movilidad y coordinación de las extremidades afectadas. Además, este tipo de terapias son recomendadas en situaciones postoperatorias, displasia de extremidades, rupturas de ligamientos, luxaciones de rotula; pudiendo asimismo ser utilizada en el control de peso y/u obesidad [9].

1.1.2. Fundamentación teórica

Perro

Es un animal cuadrúpedo producto de la evolución del lobo hace aproximadamente 30.000 años. Su nombre científico es *Canis lupus familiaris*, siendo un mamífero carnívoro de la familia de los cánidos. Las diferentes razas, tamaños y utilidades de los perros existentes en la actualidad se deben a la reproducción selectiva que fueron sometidos por los humanos a lo largo del tiempo [10].

Raza

Una raza de perro está compuesta por un conjunto de animales muy relacionados entre sí, con características similares, rasgos físicos y comportamiento [11]. La morfología y sus líneas genéticas son las principales características a considerar para la clasificación de un perro por su raza. Para constituir una raza debe haber un número significativo de perros capaces de transmitir sus características principales a las siguientes generaciones de forma estable [12, pp. 109-118].

Las razas de perros se clasifican en 10 grupos principales [12, pp. 109-118].

- Grupo 1. Pastores.
- Grupo 2. Perros Pincher, Schnauzer, Molosos y Mastines.
- Grupo 3. Terriers.
- Grupo 4. Teckels.
- Grupos 5. Perros Spitz y Primitivos.
- Grupo 6. Perros Levantadores de Piezas, Cobradores y Perros de Agua
- Grupo 7. Perros de Rastreo.
- Grupo 8. Perros de Muestra
- Grupo 9. Galgos
- Grupo 10. Perros de Compañía.

Clasificación

La clasificación por tamaño según la Federación Cinológica Internacional [13]:

- Toys o enanos: menos de 5 kilos.
- Pequeños: 5 a 14 kilos.
- Medianos: 14 a 25 kilos.
- Grandes: 25 a 50 kilos.
- Gigantes: más de 50 kilos.

Algunas de las ventajas de los perros pequeños son [14] :

- Adaptabilidad a espacios pequeños
- Menor costo en alimentación.
- Facilidad de transporte.

Algunos de los inconvenientes de los perros pequeños son: [14]

- Vulnerabilidad al frío y a enfermedades cuando son cachorros.
- Precio elevado.
- Mas difíciles de domesticar.

Displasia coxofemoral canina

La displasia coxofemoral o displasia de cadera es una enfermedad ósea definida según Houlton [15] como:

“Una alteración, genética y hereditaria, del crecimiento de la articulación coxofemoral”.

Esta enfermedad se la considera como un crecimiento anormal de la articulación coxofemoral, la cual consiste principalmente de la cavidad acetabular, o acetábulo, y la cabeza del fémur [5]. Esta lesión tiene una predisposición genética, la cual puede ser agravada; debido a factores ambientales como lo son la alimentación y el cuidado del can. La laxitud de cadera es un rasgo distintivo de displasia; además, la laxitud pasiva se encuentra directamente relacionada con el desarrollo de la osteoartritis [15].

Este malestar es imperceptible en el nacimiento, considerando que, los perros con predisposición genética a displasia no presentan ningún indicio de padecerla. Es en la etapa de crecimiento donde se desarrollan incongruencias en la superficie articular coxofemoral. En los dos primeros meses se nota un estiramiento del ligamento redondo dando como resultado una degeneración del cartílago articular. En los 5 meses de edad, se hace evidente en radiografías la disminución del recubrimiento acetabular, lo que produce un aumento en la inestabilidad de la capsula articular. Cuando el perro llega a la madurez esquelética, los cambios osteoartóricos dependen en mayor manera al peso y el nivel de ejercicio [15].

Signos Clínicos

Los signos clínicos asociados a esta enfermedad pueden aparecer a cualquier edad; en perros menores a un año presentan inestabilidad de cadera, mientras que a mayor edad muestran signos de osteoartritis coxofemoral [15].

Tabla 1.1: Signos clínicos en perros jóvenes y adultos [15].

Perros jóvenes (4 - 10 meses)	<ul style="list-style-type: none">- Grado variable de cojera de extremidades posteriores.- Balanceo de la cadera al andar- Marcha de “conejo” a paso rápido- Debilidad de las extremidades posteriores.
Perros adultos (más de 12 meses)	<ul style="list-style-type: none">- Dificultad para levantarse- Rigidez de las extremidades posteriores- Intolerancia al ejercicio.- Dificultad para saltar.

Tipos de Diagnostico

Radiografía

Es el método estándar en el diagnóstico de displasia de cadera, utilizado en perros sintomáticos. El aspecto a evaluar en radiografías es el grado de subluxación de la cabeza del fémur, ya que, cuando la cabeza femoral cubre menos del 50% de los límites del acetábulo, se considera displasia. Asimismo, si el ángulo de la línea de conexión entre el centro de la cabeza del fémur y los bordes acetabulares craneales, conocido como ángulo de Norberg-Olsson, es menor de 105 grados, se considera anormal [15].

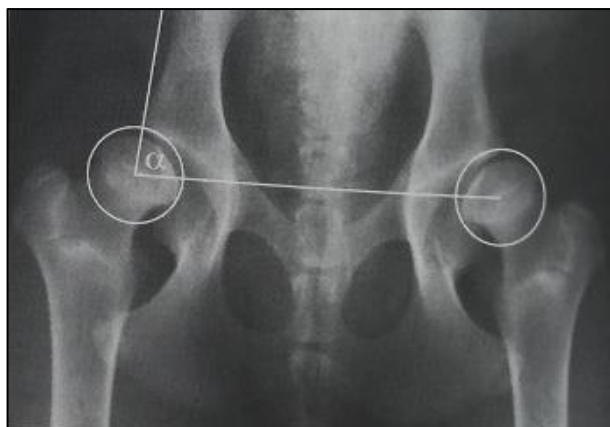


Figura 1.1: Radiografía ángulo anormal Norberg-Olsson [15].

Ecografía

La ecografía, sonografía o ultrasonido, es una técnica que utiliza ondas sonoras de altas frecuencias que permiten observar el interior de la zona escaneada. Su gran ventaja consiste en su sencillez y que es un procedimiento no invasivo. Este tipo de diagnóstico no es muy utilizado para validar el grado de displasia presente en un paciente; ya que su fiabilidad es mucho menor que una radiografía; siendo utilizado en la detección temprana de displasia leve o moderada en perros [15].

Grados de Displasia

El comité científico de la Federación Cinológica Internacional (FCI) propone cinco grados del sistema de valoración y puntuación de la patología, que va desde: **A**, la cual refleja una articulación normal de la cadera, a **E**, indicando severa displasia de cadera. Las calificaciones se definen descriptivamente basándose en el tamaño del ángulo de Norberg (NA), el grado de subluxación, forma y la profundidad del acetábulo y signos secundarios de enfermedad de las articulaciones [16].

Tabla 1.2: Grados de displasia coxofemoral canina [16].

Grado	Características
A	<ul style="list-style-type: none">• El acetábulo y la cabeza femoral son congruentes.• El borde acetabular cráneo lateral presenta una forma angulada y ligeramente redondeada.• El ángulo de Norberg (NA) es aproximadamente de 105°.
B	<ul style="list-style-type: none">• La cabeza femoral y el acetábulo presentan una leve incongruencia.• El ángulo de Norberg es aproximadamente de 105°.• La cabeza femoral y el acetábulo son congruentes.
C	<ul style="list-style-type: none">• La cabeza femoral y el acetábulo son incongruentes.• Ángulo de Norberg es de aproximadamente 100°.• Leve aplanamiento del borde acetabular cráneo lateral.
D	<ul style="list-style-type: none">• Incongruencia evidente entre el acetábulo y la cabeza femoral con subluxación de cadera asociada.• El ángulo de Norberg es superior a 90°.• Aplanamiento del borde acetabular cráneo lateral.
E	<ul style="list-style-type: none">• Cambios displásicos marcados en las articulaciones de las caderas, como subluxación o luxación de las mismas.• El ángulo de Norberg es menor de 90°.• Aplanamiento evidente del borde acetabular craneal.

Tratamientos

Aliviar el dolor, aumentar la movilidad de las extremidades y disminuir la progresión de la enfermedad son los objetivos de los tratamientos en contra de la displasia de cadera. De acuerdo a la gravedad de los signos clínicos y la edad del perro se considera la elección de un tratamiento quirúrgico o un tratamiento conservador [17].

Tratamiento quirúrgico

El cirujano es la persona encargada de informar al propietario sobre las indicaciones y posibles complicaciones de cada uno de los tipos de técnicas quirúrgica a utilizar. En el tratamiento de displasia de cadera se dividen en preventivas, paliativas y de conservación [17].

Algunas de las técnicas quirúrgicas más conocidas son [17] :

- Sinfisiodesis pública juvenil (SPJ)
- Osteotomía triple de pelvis (OTP)
- Escisión de la cabeza y el cuello femorales. (ECCF)

Tratamiento conservador

Este tratamiento se recomienda para perros con signos clínicos leves, independientemente de la edad del can; además, se lo considera como primera opción en casos de displasia grave. En perros jóvenes, el objetivo es disminuir el dolor y aumentar la estabilidad; en canes adultos se busca controlar los signos clínicos derivados de la osteoartritis. Los tratamientos conservadores se dividen en cuatro grupos: control dietético, uso de fármacos, plan de ejercicios y fisioterapia [17].

Control dietético

La sobrealimentación es uno de los factores más influyentes en el desarrollo de la displasia de cadera en perros. Los perros con predisposición genética a esta enfermedad tienen un 50% menos de probabilidad de sufrirla si se los alimenta con una dieta restringida. Si a los perros jóvenes se les mantiene en un régimen alimenticio adecuado en su etapa de desarrollo, se reduce la cojera en su etapa adulta, siendo muchas veces el único cambio necesario en casos de displasia leve [17].

Uso de fármacos

La utilización de farmacología se encuentra bien establecida en el tratamiento de displasia teniendo como objetivo controlar el dolor y optimizar la calidad de vida del can. Los antiinflamatorios no esteroides (AINE) son los más utilizados. Lo recomendable son tratamientos de tres a cuatro semanas; sin embargo, esto depende de la gravedad de los signos clínicos [17].

Plan de ejercicio

Los efectos beneficiosos del ejercicio son múltiples ya que mejoran el movimiento articular, fortalecen los músculos, aumentan la estabilidad y reducen el dolor. Una rutina de ejercicios controlada potencia el apoyo y un adecuado desarrollo articular [17]. El ejercicio debe ser adecuado a las características del paciente. En perros jóvenes es recomendable una rutina de alto impacto, mientras que en canes adultos se trata de mantener la movilidad en niveles adecuados [18].

Fisioterapia

La fisioterapia se define como el conjunto de métodos y técnicas que permiten la curación y recuperación de un paciente con la finalidad de promover la salud. Este tipo de terapias brinda una oportunidad para animales con discapacidad, los cuales cuentan con una alternativa de mejorar su calidad de vida, evitando de esta manera la eutanasia.

La intención del tratamiento fisiátrico es permitir al cuerpo reaccionar por sí mismo para restablecer su funcionalidad habitual. Algunos beneficios de la fisioterapia en la medicina veterinaria son [19]:

- Disminuir la inflamación.
- Prevenir el proceso de atrofia muscular
- Mejorar la movilidad articular.

Técnicas de Fisioterapia

Las terapias manuales son la principal técnica de rehabilitación fisiátrica, la cual está acompañada de técnicas y ejercicios terapéuticos; sin embargo, los ejercicios activos han tenido gran aceptación debido a que, potencian la musculatura y permiten al perro mejorar la estabilidad articular. La edad, la raza, la patología y el estado físico son los factores más importantes a considerar para realizar un programa de tratamiento fisiátrico eficaz [19].

Tabla 1.3: Técnicas de Fisioterapia [19].

Terapia Manual	<ul style="list-style-type: none"> - Estiramientos activos y pasivos. - Masaje. - Ejercicios flexibilizantes. - Drenajes linfáticos y vasculares.
Hidroterapia	<ul style="list-style-type: none"> - Natación en piscina. - Caminar en el tapiz rodante en el agua. - Ejercicios en flotación. - Ejercicios en el agua.
Electroterapia y afines	<ul style="list-style-type: none"> - Electroterapia analgésica. - Ultrasonidos. - Termoterapia profunda. - Magnetoterapia.
Otras técnicas	<ul style="list-style-type: none"> - Ejercicios activos asistidos. - Termoterapia. - Crioterapia. - Ejercicios propioceptivos.

Hidroterapia

La hidroterapia es un grupo de tratamientos que aprovechan las propiedades físicas del agua para rehabilitación. Este método fisiátrico cuenta con múltiples beneficios, observando en los pacientes una mejor flexibilidad y potencia muscular, pudiendo ser combinado con otras terapias para tratamiento de procesos crónicos o agudos en articulaciones. Muchas técnicas aplicadas en humanos pueden ser extrapoladas en animales, lo que facilita el desarrollo de tratamientos más eficientes [19].

Propiedades físicas del agua

Flotación

El cuerpo soporta menor peso dentro del agua producido por el empuje generado hacia arriba. El peso del can se reduce a medida que aumenta el nivel de agua en su cuerpo. En la Tabla 1.4 se indica la variación del peso en función del soporte relativo a la inmersión [19].

Tabla 1.4: Variación de peso respecto a la inmersión [19].

Nivel de agua	Soporte relativo de peso en seco
Tarso	90%
Rodilla	85%
Dorso	40%

En la Figura 1.2 se observa la relación entre el soporte de peso relativo y el nivel de inmersión del can.

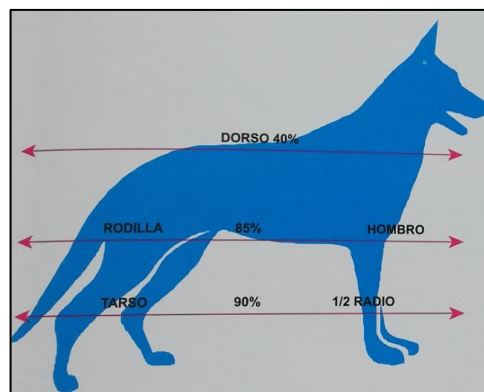


Figura 1.2: Soporte peso relativo [19].

Presión Hidrostática

Un cuerpo, al ser introducido en agua, recibe una presión directamente proporcional a la profundidad en la que se encuentra. Esta propiedad física favorece a los miembros inferiores, reduciendo edemas e inflamación. Además, la presión que ejerce el agua disminuye la sensibilidad, facilitando el movimiento articular [19].

Viscosidad

La viscosidad del agua genera mayor resistencia que el aire en un objeto al desplazarse a través de ella. Esta resistencia facilita el aumento de tono muscular y el estado cardiovascular. Asimismo, la viscosidad permite a pacientes mantener una postura estable por mucho más tiempo, ralentizando su caída, lo que permite realizar una mayor cantidad de ejercicios con poco esfuerzo [20, p. 167].

Beneficios de la hidroterapia

Existe una gran cantidad de beneficios de la utilización de la hidroterapia como técnica de rehabilitación fisiátrica, entre ellos se destaca [20, p. 168]:

- Incremento de la flexión y extensión articular.
- Disminución del dolor.
- Aumento de la circulación sanguínea.
- Fortalecimiento muscular.

Indicaciones

Para un correcto desenvolvimiento del paciente en la terapia se recomienda [17, p. 54]:

- Permitir que el animal se adapte al agua.
- Mantener una temperatura entre 25 y 35°C.
- Iniciar con periodos de 2 o 3 minutos.
- Realizar de 3 a 6 series con descansos en cada sesión.
- 2 o 3 sesiones por semana.
- Aumentar gradualmente el tratamiento si las condiciones lo requieren.

La terapia acuática se la recomienda como rehabilitación en distintos tratamientos.

Tabla 1.5: Usos de la terapia acuática. [17, p. 117]

Rehabilitación después de cirugías ortopédicas	- Fracturas. - Osteocondritis disecante. - Prótesis de cadera, codo y rodilla.
Rehabilitación tras lesiones o cirugías neurológicas	- Cirugía discal. - Mielopatía degenerativa. - Tromboembolismo fibrocartilaginoso
Rehabilitación en estiramientos musculares y mejoras de articulaciones	- Artritis. - Espondilosis. - Displasia de cadera.

Modalidades de la hidroterapia

Los ejercicios en el agua han aumentado en popularidad; debido a la cantidad de protocolos y rutinas de ejercicio que se pueden realizar en ella. Cada tratamiento realizado brinda un beneficio en la rehabilitación del paciente. Existen dos tipos principales de tratamientos terapéuticos que utilizan el agua para la rehabilitación, estos son: la natación en piscina y la cinta subacuática [17, pp. 118-119].

Natación en piscina

Este tipo de ejercicio permite al paciente estirar los músculos sin ejercer tensión excesiva sobre los mismos. Asimismo, mejora la movilidad de las articulaciones; sin embargo, se debe considerar [17, pp. 118-119]:

- Piscina con agua caliente o interior.
- Evitar practicar movimientos bruscos.
- No apoyar las extremidades al nadar.
- Aumentar la flexión de las rodillas.

Cinta subacuática

Conocida en inglés como “Underwater Treadmill (UWT)”, es una máquina que consta de una cinta para caminar cuya particularidad es que la misma se encuentra bajo el agua. Este sistema es muy utilizado en la rehabilitación tanto en humanos como en animales puesto que permite: regular la velocidad de desplazamiento, variar el nivel de agua de una manera rápida y supervisar la ejecución correcta del tratamiento [21].



Figura 1.3: Cinta subacuática [1].

Beneficios

Existen múltiples beneficios sobre la cinta subacuática, de los cuales se destaca [21]:

- Mayor flexión articular con respecto a la caminadora en tierra.
- Mayor movimiento de extremidades con respecto a la natación.
- Permite trabajar diferentes zonas gracias a la variación de nivel de agua.
- Posibilita la intervención del terapeuta para manipular al paciente.

Ejercicios sobre la cinta subacuática

Existen 3 principales ejercicios que se pueden realizar sobre la cinta subacuática: ejercicios en pie, ejercicios caminando y ejercicios nadando [17, pp. 118-119].

Ejercicios en pie

Este tipo de ejercicios se lo realiza para estabilizar al animal poco a poco, para lo cual se utiliza las manos o un arnés. Se lo utiliza en pacientes que presentan una incapacidad total o parcial para caminar siendo de gran beneficio para comenzar el proceso de rehabilitación. Entre los ejercicios más utilizados se encuentran [17, pp. 118-119]:

- Mantenerse en pie en el agua.
- Movimientos de bicicleta.
- Desviación del peso corporal.

Ejercicios caminando

Este tipo de ejercicios se realizan con la cinta en movimiento, por lo que se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones generales [17, pp. 118-119]:

- Ofrecer al paciente tiempo de aclimatación en la cinta.
- Iniciar con periodos de 2 a 3 minutos con descanso.
- Utilizar velocidades lentas para que el animal camine con calma.
- Finalizada la terapia, secar perfectamente al can.

Ejercicios nadando

En este tipo de ejercicios el paciente realiza estiramientos de las extremidades sin necesidad de entrar en contacto con la cinta. Esta terapia se la utiliza en un inicio para poder determinar las extremidades que requieren de mayor atención puesto que, los pacientes tienden a usar únicamente las extremidades delanteras [17, pp. 118-119].

Evaluación de resultados

Una correcta rutina de ejercicios, la constante supervisión tanto del terapeuta como del propietario y el trabajo constante son las claves principales para observar mejores resultados en el tratamiento de la displasia de cadera [20, pp. 173-175].

La evaluación clínica con respecto al dolor, evaluación de la marcha, la mejoría en la extensión de las articulaciones, el incremento del tono muscular son varios de los métodos con los que se puede determinar la mejoría del paciente; además, en el caso de disponer de equipo especializado, realizar pruebas más sofisticadas de análisis de la marcha del can [20, p. 177].

Sistema

Según Lewis [22] un sistema se define como: “Un ensamblaje de componentes que proporcionan acciones interrelacionadas”. Es decir, un sistema es un grupo de elementos que poseen características específicas que los definen; cuentan con parámetros constantes que determinan el funcionamiento del mismo en todo momento [23].

Sistema de control

Un sistema de control es un conjunto de procesos, ya sean mecánicos, eléctricos, o de otra índole, interrelacionados entre sí, dispuestos de tal manera que permitan la ejecución de operaciones controladas con el objetivo de generar una salida [23, p. 5].

Clasificación de los sistemas de control

Los sistemas de control se clasifican en dos [24, p. 5]:

- Sistema de control de lazo abierto
- Sistema de control de lazo cerrado

Sistema de control de lazo abierto

Se define a un sistema de control de lazo abierto cuando la salida es independiente de la entrada; es decir, cuentan con un actuador o regulador que suministra la cantidad deseada de energía al sistema. La precisión con la que ejecuta la acción depende

directamente de la calibración del actuador. Se puede citar que uno de los ejemplos más comunes de este tipo de sistema son las máquinas tostadoras de pan, los hornos de microondas entre otros [24, p. 5].

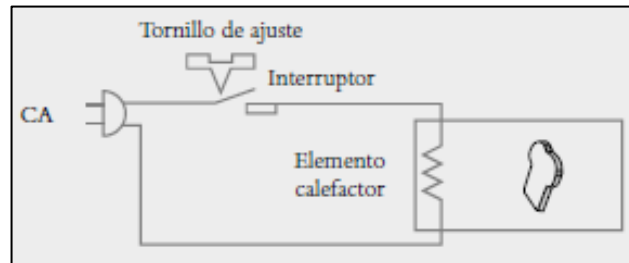


Figura 1.4: Sistema de lazo abierto [24].

Sistema de control de lazo cerrado

Un sistema de control de lazo cerrado es un sistema cuyo funcionamiento depender de la salida del mismo; es decir, cuenta con un dispositivo que detecta y compara el valor real del proceso con el valor deseado para determinar la cantidad de energía suministrada por el actuador. A estos sistemas igualmente se los conoce como sistemas retroalimentados. Como ejemplos se puede citar al sistema de control de temperatura mediante un termostato [24, p. 6].

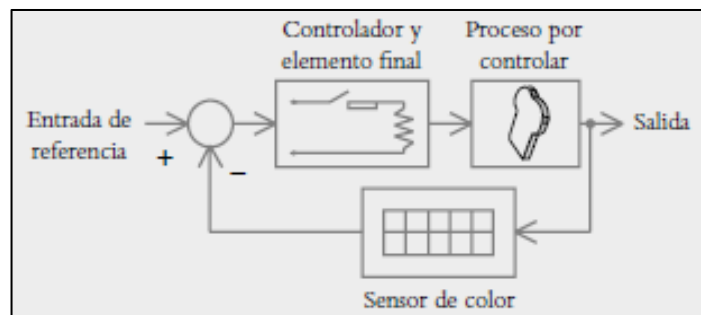


Figura 1.5: Sistema de lazo cerrado [24].

Sensor

Se considera a un sensor como un dispositivo que transforma una variable física no eléctrica en otra eléctrica; para ello, varía uno de sus parámetros, ya sea tensión, corriente, frecuencia, etc., a razón del comportamiento de las variables físicas del

sistema. Este tipo de dispositivos son indispensables en procesos industriales puesto que, permiten el control de los mismos. Los tipos de variables físicas más utilizadas son: temperatura, presión, nivel de un líquido, etc. [25, pp. 429-589].

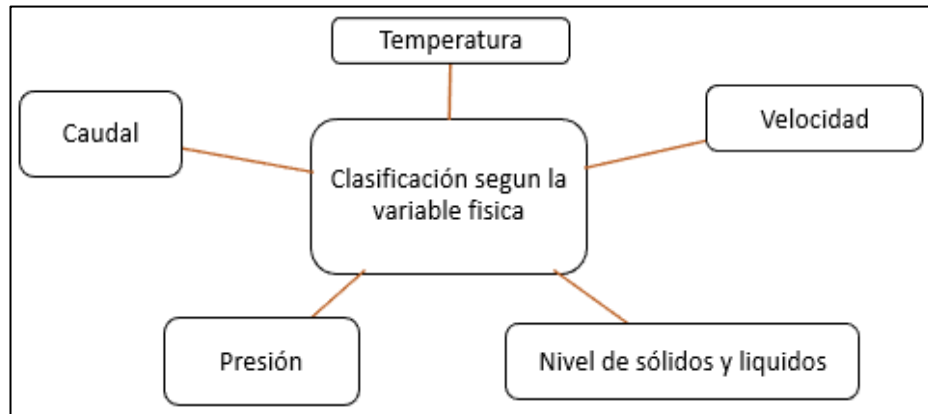


Figura 1.6: Clasificación de sensores según la variable física medida [25].

Sensor de nivel

Es un dispositivo que permite medir la altura de material existente dentro de un contenedor; generalmente, se utiliza en la medición de líquidos. En la industria son de gran utilidad dado que, brinda exactitud en el inventario de materiales; además, sirve como método de control para la ejecución de procesos. El funcionamiento de estos sensores depende del modo de trabajo, ya sea midiendo directamente la altura sobre una referencia, aprovechando la presión hidrostática o utilizando las características eléctricas del líquido; de este último se pueden destacar los siguientes [26, p. 195]:

- Medidor resistivo / conductivo
- Medidor capacitivo
- Medidor de radiación
- Medidor ultrasónico

Medidor ultrasónico

Un sensor de ultrasonido o ultrasónico es un dispositivo que basa su funcionamiento en la emisión de una onda de sonido a la superficie de un líquido, esta señal es reflejada

en la superficie del material y retorna hacia el receptor. El tiempo que toma la señal en retornar al transductor ultrasónico permite determinar el nivel de material dentro del tanque de acuerdo a la siguiente fórmula [26, pp. 215-216]:

Ecuación 1 Funcionamiento medidor ultrasónico [26, pp. 215-216].

$$h = \frac{v \times t}{2}$$

Donde:

- h = Nivel del líquido.
- v = Velocidad del sonido = 343 m/s.
- t = tiempo de tránsito del sonido.

Sensor de temperatura

Es un dispositivo que basa su funcionamiento en los cambios generados por la temperatura en la estructura interna del mismo. La información obtenida dependerá de la constitución del sensor, ya sea por expansión o contracción de sólidos, líquidos o gases; por los cambios generados en la resistencia eléctrica de materiales conductores o semiconductores o por fuerzas termoeléctricas. Son extensamente utilizados en la industria para determinar los cambios de temperatura en distintos procesos. Algunos de los métodos más comunes utilizados en sistemas de control son [27, pp. 56-61] :

- Tiras bimetálicas
- Termistores
- Detectores de temperatura por resistencia (RTD)
- Termiodios y termotransistores

Termiodios y termotransistores

Es un dispositivo que utiliza un diodo semiconductor de unión como elemento sensor de temperatura; debido a las impurezas del material, se modifica la movilidad de la

carga afectando la velocidad de los electrones a través de la unión p-n. Al contar con una diferencia de potencial V , la corriente I circulante dependerá en función a la temperatura, de acuerdo a [27, pp. 56-61] :

Ecuación 2 Corriente en función de la temperatura [27, pp. 56-61].

$$I = I_0 \left(e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right)$$

Donde:

- T = Temperatura en escala Kelvin.
- e = Carga de un electrón.
- k e I_0 = constante.

Al utilizar logaritmos se obtiene una expresión en términos de voltaje.

Ecuación 3 Voltaje en función de la temperatura [27, pp. 56-61].

$$V = \left(\frac{kT}{e} \right) \ln \left(\frac{I}{I_0} + 1 \right)$$

Sí la corriente es constante, V es directamente proporcional a la temperatura. De esta manera la diferencia de potencial obtenida puede ser utilizada como sistema de medición de temperatura. Una de las ventajas más apreciables de estos dispositivos es que su respuesta es una función lineal con respecto a la temperatura [27, pp. 56-61].

Sensor de velocidad

Es un dispositivo que permite monitorear la velocidad lineal o angular de un objeto. Su funcionamiento se basa en el mecanismo utilizado para la detección del movimiento, ya sea por contacto directo o sin contacto. Este tipo de sensores son muy

utilizados en la industria en el control de procesos. Los sensores de velocidad más utilizados son [28, pp. 126 - 134] :

- Tacogenerador
- Sensores piroeléctricos
- Encoder

Encoder

Es un dispositivo digital que está formado por un disco giratorio con ranuras y un arreglo de diodos LEDs. Los diodos utilizan luz infrarroja, esta atraviesa las ranuras del disco hacia el elemento detector; al ser interrumpida la señal, se produce un pulso, el cual es interpretado por un microprocesador o interfaz electrónica. La resolución de estos sensores es determinada de acuerdo a los ciclos por revolución (CPR) [28, pp. 126 - 134] .

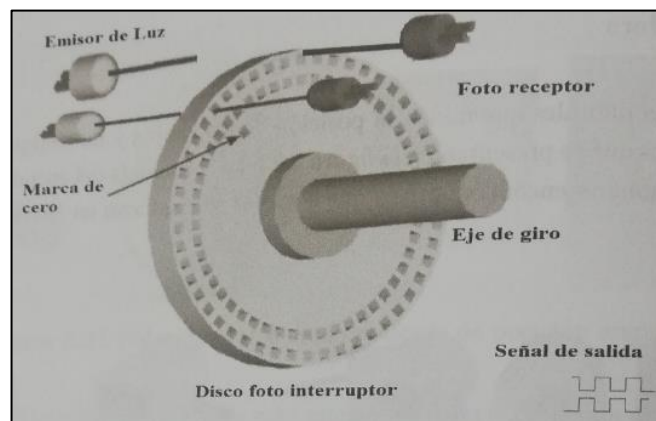


Figura 1.7: Estructura de un encoder [28, pp. 126 - 134].

Controlador de motor DC

Un controlador o driver de motor es un circuito electrónico que permite variar la velocidad de un motor de corriente directa DC. Consta de una etapa de control y una etapa de potencia. El control se lo realiza mediante una señal PWM recibida desde un microcontrolador, la cual modifica el ciclo de trabajo del motor [29].

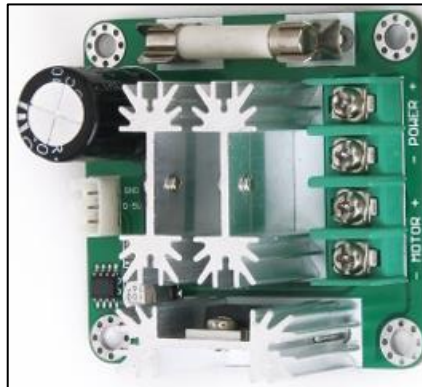


Figura 1.8: Driver motor DC [29].

Plataforma de Monitoreo

Una plataforma de monitoreo o sistema de monitoreo es una plataforma basada en software que permite administrar los recursos disponibles en una red. Estos sistemas permiten tanto la visualización como el control de procesos de una manera eficiente y a distancia, lo que disminuye la carga de trabajo al operador o controlador del proceso. Entre los diferentes sistemas de monitoreo se encuentran [30] :

- Sistema SCADA
- Sistema de Monitoreo Web
- Sistema de Tele-Monitoreo

Sistema Scada

Se conoce como Scada, del inglés *Supervisory Control And Data Acquisition*, o Control con Supervisión y Adquisición de Datos, a cualquier software utilizado para la obtención de datos relacionados a un proceso y que permita el control del mismo a través de herramientas de comunicación. Se trata de una interfase utilizada para la monitorización o supervisión de un sistema de control. Entre sus objetivos se puede destacar [30]:

- Accesibilidad de información.
- Gestión de datos recopilados.
- Ergonomía entre el usuario y el proceso.

El paquete SCADA brinda grandes prestaciones para su utilización en procesos industriales gracias a la cantidad de herramientas y funciones que posibilitan una comunicación clara entre el operador del sistema y la maquinaria. Entre las más importantes prestaciones se pueden destacar [30]:

- Monitorización de datos en tiempo real sobre los sensores existentes dentro de la planta.
- Supervisión de procesos, evitando la intervención constante de un operador.
- Garantizar la eficiencia en el envío y recepción de información.
- Restringir el acceso de acuerdo al nivel de seguridad.

Además de ello, se presentan considerables ventajas de la utilización de un sistema SCADA como son [30]:

- Facilita la escalabilidad en procesos industriales.
- Incorpora cualquier tipo de sensor o actuador de manera eficiente.
- Posibilita la documentación para un posterior mantenimiento.

Sistemas de comunicación

Un sistema de comunicación es un conjunto de dispositivos que permiten el intercambio de información entre sí. Están conformados por tres elementos principales; un transmisor, encargado de generar la señal deseada, un medio de transmisión por el que se transporta la información y, un receptor, que recibe la señal, la decodifica para ser procesada. La calidad de la información recibida depende de la cantidad de datos a procesar, la localización de los receptores, del tipo de tecnología utilizada entre otros [31].

Tecnología Wi-Fi

Abreviatura de Wireless Fidelity, es la tecnología de comunicación inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11 más popular en nivel residencial ya que permite la conectividad de una extensa cantidad de dispositivos con una alta capacidad de transmisión y recepción de datos. Esta tecnología utiliza las bandas del espectro radioeléctrico de 2.4GHz y 5GHz, logrando velocidades desde los 54 Mbps hasta 1Gbps [32].

SBC

Computador de placa reducida, del Ingles Single Board Computer. Este tipo de dispositivos son placas electrónicas que contienen la mayor parte de componentes de un computador integrados dentro de una misma placa base. Estas características permiten desarrollar equipos de mucha mayor tecnología con dimensiones reducidas, desde equipos similares a una memoria USB, hasta medidas parecidas a una tarjeta de crédito. Entre las tecnologías más comunes se encuentran [33]:

- PcDuino
- BeagleBone Black
- Arduino
- Raspberry Pi

Arduino

Arduino nació en 2005 en Italia debido a la necesidad de los estudiantes de contar con un dispositivo de bajo costo, adaptable para su utilización en cualquier sistema operativo y que permita el desarrollo de proyectos electrónicos de una manera mucho más sencilla. Arduino es principalmente tres cosas [34] :

- Una placa de hardware libre, la cual consta de un microcontrolador que puede ser programado múltiples veces.

- Un software gratis, libre y de múltiples plataformas; que permitan la lectura, escritura y verificación de código ingresado en la memoria del microcontrolador.
- Un lenguaje de programación libre, el cual permite una forma coherente de programación del microcontrolador existente en la placa.

Entre las diferentes ventajas se encuentran [34] :

- Libre y extensible.
- Gran comunidad.
- Lenguaje de programación sencillo.
- Placas de bajo coste.

Arduino Uno

Es una de las primeras placas desarrolladas por la familia Arduino. Es una tarjeta electrónica que utiliza el microcontrolador Atmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, siendo 6 de ellas utilizadas como salidas PWM. Es una de las más conocidas a nivel mundial debido a su versatilidad y bajo costo, además de que no requiere controladores especiales para su funcionamiento [35].

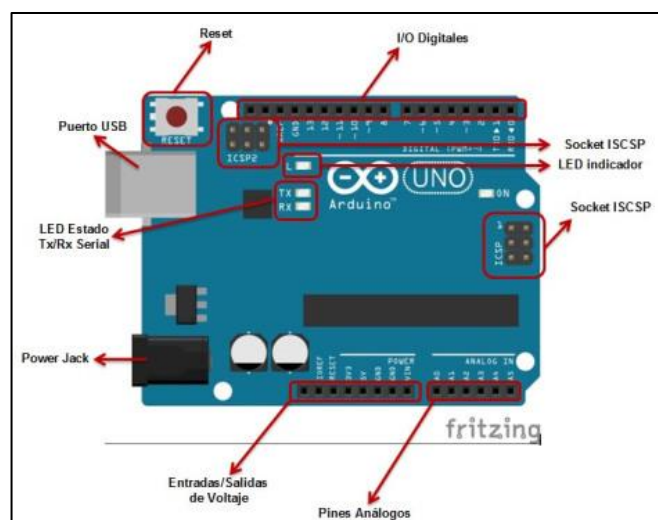


Figura 1.9: Arduino Uno [35].

Sus especificaciones técnicas son [35] :

Tabla 1.6: Características técnicas Arduino Uno [35].

Dimensiones	80 x 55 x 25 mm
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Pines de Entrada y Salida digital	14 pines (6 con salida PWM)
Pines de Entradas Análogas	6
Memoria Flash	32Kb (0,5 Kb para Bootloader)
SRAM	2Kb
EEPROM	1Kb
Velocidad de Reloj	16 MHz.

Raspberry

La tarjeta electrónica Raspberry pi es un ordenador de placa reducida. Este dispositivo puede ser utilizado como un computador, pudiendo ser utilizado inclusive como un servidor. Esta placa fue desarrollada en el Reino Unido en la Universidad de Cambridge en el año 2006. Su principal característica son sus reducidas dimensiones, en el caso del modelo B son de 85.6 x 53.98 x 17 mm [36].

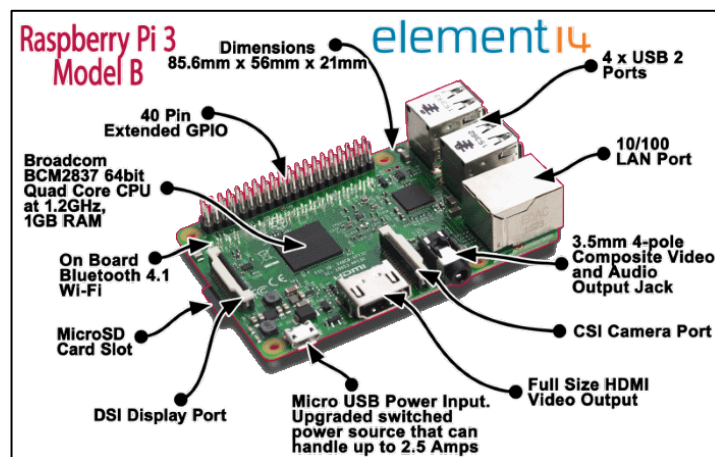


Figura 1.10: Raspberry Pi 3B [36].

Entre sus ventajas se puede identificar [36] :

- Fácil uso
- Orientado a la enseñanza de estudiantes
- Bajo costo

La tarjeta Raspberry Pi 3B es una placa SBC que cuenta con altas prestaciones que permite la integración de sistemas operativos con un alto rendimiento; además, gracias a sus dimensiones físicas, es utilizada en diferentes ámbitos ya sean comerciales como industriales. Sus especificaciones son [37]:

Tabla 1.7: Características Raspberry Pi 3B [37].

Dimensiones	85 x 56 x 17 mm
Procesador	Chipset Broadcom BCM2837 a 1,2 GHz ARM Cortex-A53 de 64 bits y cuatro núcleos
Memoria	LPDDR2 de 1 GB
Conectividad	LAN inalámbrica 802.11 b/g/n Bluetooth 4.1 (Classic y Low Energy) 1 puerto Ethernet 10/100 4 x puertos USB 2.0
Acceso	40 pines GPIO
Video y Sonido	1 conector de vídeo/audio HDMI 1 conector de vídeo/audio RCA 1 conector de cámara CSI Conector de pantalla DSI
Soporte de Tarjeta	Ranura de tarjeta microSD
Compatibilidad	Compatible con todas las últimas distribuciones de ARM GNU/Linux y Windows 10 IoT
Alimentación	Conector micro USB para fuente de alimentación de 5V a 2,5 A

MyOpenLab

MyOpenLab es un software gratuito GPL orientado a simular y modelar sistemas, ya sean físicos, electrónicos o de control con una amplia gama de herramientas. Este software esta desarrollado en lenguaje JAVA, lo que le brinda portabilidad en distintas plataformas [38].



Figura 1.11: Logo MyOpenLab [38].

Entre las características más importantes se destacan [38]:

- Facilidad de uso
- Amplia variedad de funciones para el tratamiento de señales
- Posibilidad de ampliación de componentes

El programa consta de un potente conjunto de bloques, que permiten la visualización y/o interacción de múltiples tipos de datos, entre los que se encuentran: analógicos, digitales, matrices, imágenes, etc. La simulación se realiza mediante dos pantallas de trabajo bien definidas: Panel Circuito y Panel Visualización [38].

Panel Circuito

Es el área de trabajo donde se entrelazan convenientemente un grupo de bloques de funciones para el desarrollo de un proyecto [38].

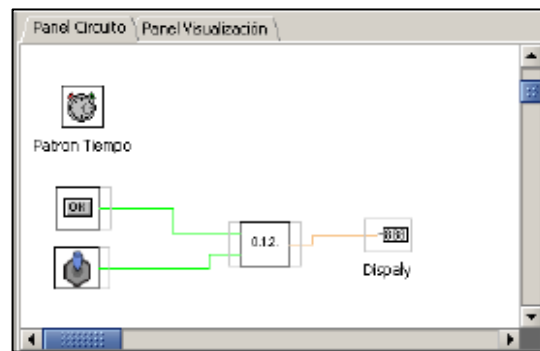


Figura 1.12: Panel Circuito [38].

En la pantalla de Panel Circuito se encuentran las siguientes librerías [38] :

- Operadores Digitales
- Operadores Numéricos
- Tratamiento de Caracteres
- Elementos Analógicos
- Ficheros de Entrada/Salida
- Comparaciones
- Tratamiento de Imágenes
- Tratamiento de Sonidos
- Color
- Pines de E/S
- Vector y matrices
- Agrupación de Elementos
- Objetos Gráficos “canvas”
- Librería de Física
- Librería de Diagramas de Flujo
- Librería de Extras
- Librería de Conexiones entre aplicaciones
- Librería definida por el Usuario

- Librería de Automatización
- Interfaces



Figura 1.13: Librería de elementos de Visualización y Control [38].

Panel Frontal

El área donde se colocan los elementos de visualización de los valores y/ parámetros del sistema; además, permite utilizar elementos decorativos para mejorar la visualización de la interfaz [38].

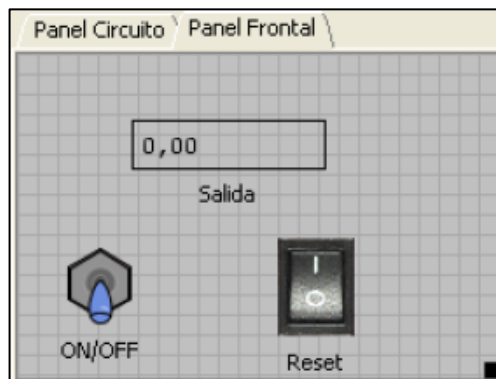


Figura 1.14: Panel Frontal [38].

En la pantalla de Panel Frontal se encuentran las siguientes librerías [38] :

- Elementos de Decoración
- Elementos de visualización numérica
- Elementos de activación digital
- Elementos de Entrada y salida de cadenas de caracteres

- Elementos de entrada y salida tipo vectores y matrices de datos
- Elementos de visualización grafica en ejes coordenados I
- Elementos de visualización grafica en ejes coordenados II
- Elementos de Automatización
- Elementos de librería de usuario
- Robot 2D



Figura 1.15: Librería de elementos funcionales [38].

1.2. Objetivos

El objetivo general es implementar un sistema de hidroterapia que sirva como tratamiento para perros de raza pequeña que sufren algún grado de displasia coxofemoral.

En consecuencia, se contó con los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar las características técnicas que conforman un sistema de hidroterapia en el tratamiento de displasia coxofemoral en perros de raza pequeña.
2. Diseñar un prototipo de sistema electrónico de hidroterapia en el tratamiento de displasia coxofemoral para perros de raza pequeña.
3. Desarrollar una plataforma de monitoreo de rehabilitación canina propuesta.

CAPITULO II.- METODOLOGIA

2.1. Materiales

En la implementación del sistema se utilizó los siguientes materiales, los cuales cumplen las funciones descritas en la siguiente tabla:

Tabla 2.1: Lista de Materiales

Material	Utilidad
Estructura de acero inoxidable	Alojamiento de cinta subacuática, sensores y sistema mecánico.
Sensor Ultrasónico HC-SR04.	Medición de nivel de agua en el interior de la estructura.
Sensor de temperatura encapsulado DS18B20	Medición de temperatura de agua en el interior de la estructura.
Encoder	Medición de velocidad de la cinta subacuática.
Tarjeta Electrónica Arduino Uno	Adquisición de datos de sensores y envío de señales de control.
Placa electrónica de control	Ejecución de órdenes para accionadores
Placa electrónica para sensores	Alimentación de sensores y envío de datos.
Electroválvulas	Ingreso y salida de agua.
Bomba	Vaciado de agua.
Motor DC	Movimiento de sistema mecánico para la cinta subacuática.
Driver de motor	Control de velocidad de motor DC.
Fuente 24V	Alimentación de dispositivos de control.
Placa electrónica Step Up	Alimentación de motor DC.
Raspberry Pi 3B	Envío de órdenes y almacenamiento de información en base de datos.
Pantalla táctil 9''	Visualización de interfaz de control.

Elaborado por: El investigador.

2.2. Métodos

2.2.1. Modalidad de la Investigación

El presente proyecto fue una investigación aplicada, ya que se empleó los conocimientos ya existentes para el desarrollo de un prototipo eficiente de sistema de hidroterapia basado en una cinta subacuática.

Investigación bibliográfica

El proyecto de tesis se basó en consultas de revistas técnicas, libros, artículos científicos, publicaciones en internet y en proyectos de tesis similares referente a temas de hidroterapia y equipos utilizados para el tratamiento de la displasia coxofemoral en perros de raza pequeña.

Investigación de campo

Se analizó mediante rutinas de ejercicio realizadas a los canes para analizar el grado de eficiencia del sistema, de esta manera comprobar y proyectar su uso en diferentes enfermedades.

Investigación Experimental

Se realizó una serie de pruebas para determinar el correcto funcionamiento de los elementos que conforman el sistema de hidroterapia basado en una cinta subacuática.

2.2.2. Recolección de Información

Para lograr la recolección de información se empleó libros, revistas, fuentes online y proyectos desarrollados, así como guías prácticas y manuales de construcción por lo que se tomó en cuenta bases de datos confiables que permitan el desarrollo del proyecto.

2.2.3. Procesamiento y Análisis de Datos

Para el procesamiento y análisis de datos se realizarán los siguientes pasos:

- Revisión de la información recopilada.
- Estudio de la propuesta de solución planteada para el proceso recuperación en perros con displasia coxofemoral.
- Determinación de la mejor propuesta de solución.
- Planteamiento de la propuesta de solución.

2.2.4. Desarrollo del Proyecto

1. Análisis de las causas de la displasia de cadera en perros, signos clínicos y tratamientos.
2. Análisis de los métodos de rehabilitación fisiátrica canina basados en hidroterapia.
3. Análisis de los componentes que conforman un sistema de hidroterapia basado en una cinta subacuática.
4. Análisis de las ventajas y desventajas de la utilización de un sistema de hidroterapia basado en una cinta subacuática en la rehabilitación canina.
5. Determinación de los factores más importantes asociados a la rehabilitación de perros utilizando una cinta subacuática.
6. Análisis de la tecnología a utilizarse para las etapas de control y sensorización del sistema de hidroterapia.
7. Diseño estructural del prototipo de sistema de hidroterapia.
8. Elaboración de estructura del prototipo de sistema de hidroterapia.
9. Diseño de las etapas de control y sensorización del prototipo de sistema de hidroterapia.
10. Implementación de etapas de control y sensorización en la estructura del prototipo.
11. Realización de pruebas, detección y corrección de errores de funcionamiento del prototipo de sistema de hidroterapia.
12. Diseño de plataforma de monitoreo del prototipo de sistema de hidroterapia.
13. Registro de información correspondiente al paciente.
14. Asociación de información del sistema de hidroterapia con datos del paciente.
15. Análisis estadísticos del proceso de rehabilitación.
16. Desarrollo del informe final del proyecto de investigación.

CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Desarrollo de la propuesta

Para el desarrollo del prototipo de sistema de hidroterapia se comenzó realizando un análisis de las causas que originan la displasia de cadera en canes, las cuáles son los signos clínicos y los tratamientos utilizados tanto en perros jóvenes como en perros adultos.

Tabla 3.1: Causas, signos clínicos y tratamiento de displasia coxofemoral [15].

EDAD	CAUSAS	SIGNOS CLINICOS	Tratamientos
PERROS JOVENES (4 – 10 meses)	<ul style="list-style-type: none"> - Origen hereditario. - Sobrepeso. - Accidente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Grado variable de cojera de las extremidades posteriores. - Balanceo de la cadera al andar. - Incapacidad de saltar. - Debilidad de las extremidades posteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conservadores - Hidroterapia - Magnetoterapia - Técnicas quirúrgicas
PERROS ADULTOS (más de 12 meses)	<ul style="list-style-type: none"> - Origen hereditario. - Sobrepeso. - Accidente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad para levantarse. - Rigidez de las extremidades posteriores. - Intolerancia al ejercicio. - Cojera de aparición repentina. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conservadores - Hidroterapia - Magnetoterapia - Técnicas quirúrgicas

Con la información obtenidos en [15], se identificó que los perros con predisposición genética a esta enfermedad agravan su condición en edades adultas, donde se evidencia una mayor presencia de signos clínicos relacionados a displasia coxofemoral. Además, el sobrepeso genera que las extremidades posteriores ejerzan mayor esfuerzo para mantener el equilibrio, lo que empeora la condición. Los tratamientos conservadores son recomendados antes de realizar una intervención quirúrgica; siendo uno de ellos la hidroterapia.

Existen dos modalidades utilizadas en la rehabilitación mediante hidroterapia; para lo cual, se realizó el análisis sobre las ventajas, desventajas y una descripción de su trabajo.

Tabla 3.2: Modalidades de hidroterapia [17].

MODALIDAD	DESCRIPCION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
NATACIÓN EN PISCINA	- El paciente se ejercita nadando en la piscina	- Mayor libertad de movimiento	- Dificultad para observar el movimiento de extremidades. - Requiere de un espacio fijo para la piscina. - Temperatura y nivel de agua constante. - Costo de mantenimiento
CINTA SUBACUÁTICA	- El paciente nada y camina sobre una cinta.	- Monitoreo constante del paciente. - Control de nivel de agua. - Control de temperatura de agua. - Control de velocidad de desplazamiento. - Ocupa menor espacio que una piscina. - Movilidad de equipo.	- Espacio limitado.

La cinta subacuática cuenta con una gran cantidad de beneficios con respecto a los ejercicios de natación en piscina, dado que brinda una completa visión del paciente mientras se ejercita. El médico tratante monitorea de forma directa el movimiento realizado por las extremidades afectadas, lo que permite desarrollar ejercicios especializados que agilicen la recuperación del paciente.

En la hidroterapia se debe tomar en cuenta varios factores que influyen directamente con la rehabilitación canina; para ello, se realizó un análisis de los aspectos más importantes asociados a la rehabilitación canina utilizando una cinta subacuática.

Tabla 3.3: Factores asociados a rehabilitación con cinta subacuática [17], [19], [1].

TEMPERATURA	NIVEL	VELOCIDAD
- Mantener una temperatura entre 25° y 35°C.	- Mayor nivel de agua, menor soporte relativo de peso en seco.	- 0,2 – 0,3 m/s en perros pequeños. - 0,3 – 0,5 m/s en perros medianos y grandes.

Una **temperatura** adecuada genera un incremento en la elasticidad, un aumento en el flujo sanguíneo y alivio de dolor [17, pp. 115-125]. A mayor **nivel de agua**, se presenta un menor soporte relativo de peso, por lo que se pueden desarrollar ejercicios enfocados en áreas específicas de la articulación [2]. Según [1], la **velocidad de la cinta** debe ser regulada de acuerdo a la condición del paciente, puesto que en velocidades más lentas se ejercita a la articulación para soportar una mayor cantidad de peso. Estos tres factores son los más importantes asociados a la rehabilitación canina utilizando una cinta subacuática.

En el ámbito comercial, existen empresas dedicadas a la fabricación de equipos de hidroterapia utilizando cinta subacuática, de las cuales se indica el nombre del equipo y sus características en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Equipos Comerciales.

Empresa	Equipo	Características	Precio en Ecuador
Hudson Aquatic Systems, Llc [39]	AquaPaws Plus	- Estructura sólida de acero galvanizado de alta resistencia. - Paredes laterales de acrílico de alta resistencia y claridad. - Velocidad variable de 0.5 a 9 mph en incrementos de 0.1 mph. - Dimensiones aproximadas 170 x 90 x 50 cm.	\$13050
H2O for Fitness [40]	Oasis mini	- Estructura sólida de en acero galvanizado de alta resistencia. - Cerraduras de puerta magnéticas - Velocidad de 0.5 mph a 5 mph en incrementos de 0.1 mph. - Dimensiones aproximadas 150 x 70 x 40 cm.	\$11600
Hydro Physio [41]	HP 200	- Estructura fabricada en acero galvanizado de alta resistencia. - Diseño de recorrido con puertas de apertura doble patentadas. - Velocidad de 0.5 mph a 5 mph en incrementos de 0.1 mph. - Dimensiones aproximadas 180 x 73 x 50 cm.	\$12325

Elaborado por: El investigador en base a [39-41].

3.2. Descripción general del sistema

El sistema de hidroterapia está conformado por una estructura de acero inoxidable, con paredes de acrílico transparente que permiten la visualización del can durante la terapia. Además, consta de una plataforma de monitoreo que permite al usuario ingresar información sobre el paciente, los cuales son almacenados en una base de datos en un servidor local.

La cinta subacuática consta de un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) desarrollado en MyOpenLab, que permite controlar las condiciones de trabajo como: nivel de agua, su temperatura y velocidad de la cinta. El ingreso de agua se realiza mediante dos electroválvulas, una para agua fría y otra para agua caliente. El sensor de nivel mide la cantidad de agua ingresada en el sistema, mientras que el sensor de temperatura habilita el ingreso de agua, caliente o fría, de acuerdo a los valores establecidos. El vaciado se lo realiza mediante una bomba. Un motor genera el movimiento del mecanismo de la cinta subacuática.

Una página web muestra los datos registrados del paciente y la información referente al tratamiento como: nivel, temperatura, velocidad, tiempo y fecha de tratamiento. En forma gráfica y en tablas.

3.3. Diseño y elaboración estructural del sistema

DISEÑO

Para la estructura del sistema, se comenzó con el diseño de cada una de las vistas, sus dimensiones y su forma final.

VISTA FRONTAL Y POSTERIOR

En la Figura 3.1 se observa las dimensiones de la vista frontal de la estructura. La longitud es de 140cm, mientras que su altura es de 95.5 cm. En el interior se encuentra un marco de soporte para un vidrio de 123 cm de longitud y 61.5cm de altura. En la parte inferior izquierda se encuentra un orificio de 1 pulgada para el eje motriz de la cinta, colocado a una altura de 12 cm de la base.

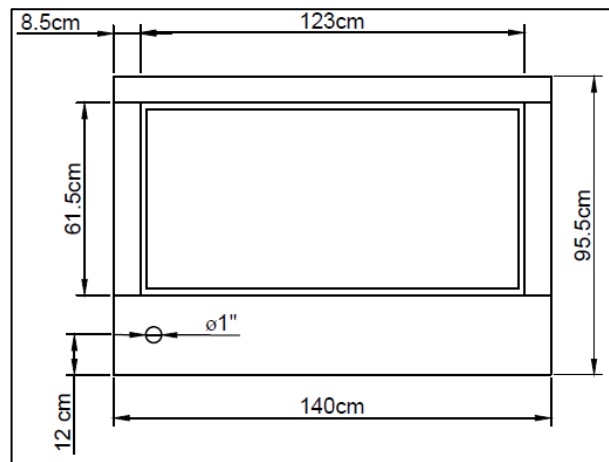


Figura 3.1: Vista frontal estructura.
Elaborado por: El investigador.

La vista posterior se observa en la Figura 3.2, sus dimensiones son las mismas que la vista frontal, exceptuando el orificio para el eje motriz.

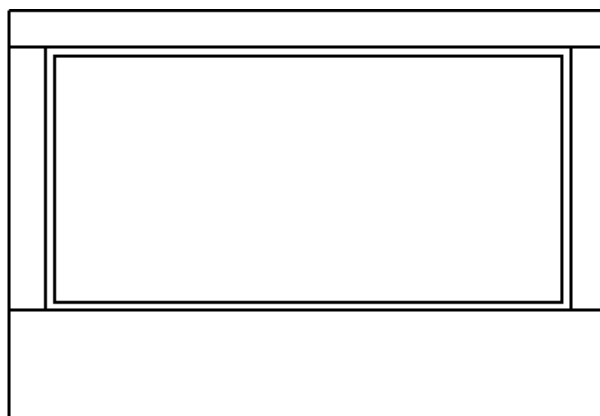


Figura 3.2: Vista posterior estructura.
Elaborado por: El investigador.

VISTAS LATERALES

En la Figura 3.3 se observan las dimensiones de la vista lateral derecha de la estructura. La longitud es de 60cm, mientras que su altura es de 95.5 cm. En el interior se encuentra un marco de soporte para un vidrio de 43 cm de longitud y 61.5cm de altura. En la parte inferior izquierda se encuentra un orificio de 1/2" pulgada a una altura de 18.5 cm para el ingreso de agua; debajo de este se encuentra un orificio de 3/4" de pulgada cerca de la base para la salida de agua.

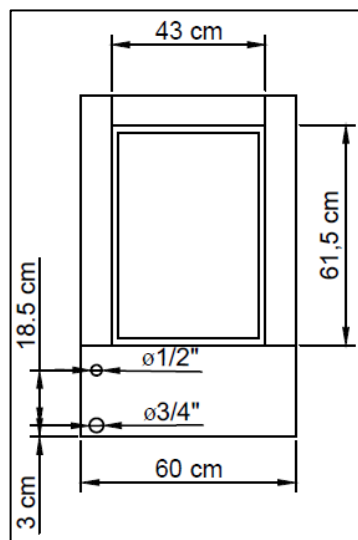


Figura 3.3: Vista Lateral Derecha.
Elaborado por: El investigador.

La vista lateral izquierda se observa en la Figura 3.4, sus dimensiones son las mismas que la vista lateral derecha, exceptuando los orificios de ingreso y salida de agua.

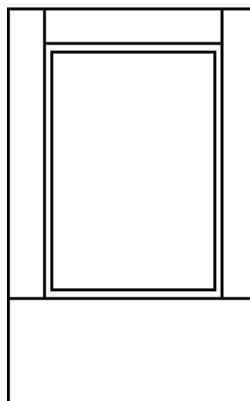


Figura 3.4: Vista Lateral Izquierda.
Elaborado por: El investigador.

VISTA SUPERIOR E INFERIOR

En la Figura 3.5 se observan las dimensiones de la vista superior de la estructura. La longitud es de 140 cm, mientras que su altura es de 95.5 cm. Cada uno de sus lados tiene un borde de 8.5 cm que sirven de soporte tanto para la estructura como para el usuario.

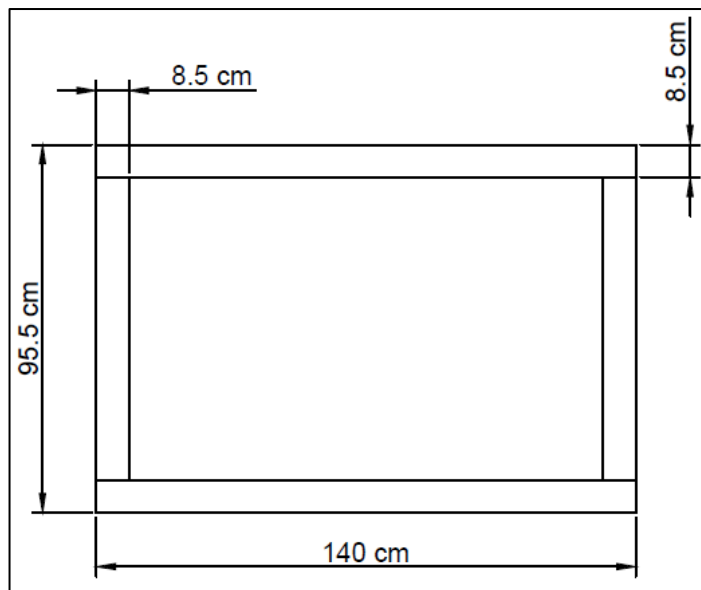


Figura 3.5: Vista superior estructura.
Elaborado por: El investigador.

La vista inferior se observa en la Figura 3.6, sus dimensiones son las mismas que la vista superior, exceptuando los bordes, ya que sirve de base para toda la estructura.

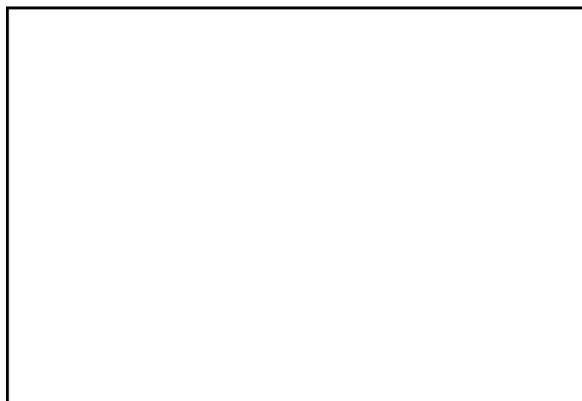


Figura 3.6: Vista inferior estructura.
Elaborado por: El investigador.

Tanto en la vista superior como en la inferior no se colocan ningún vidrio. El diseño final de la estructura se muestra en la Figura 3.7.

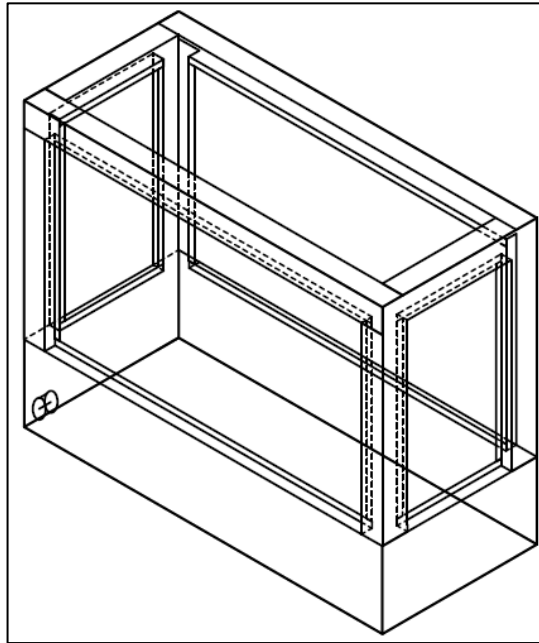


Figura 3.7: Diseño final estructura.
Elaborado por: El investigador.

ELABORACIÓN

Para la elaboración de la estructura se utilizó una lámina de acero inoxidable de 2mm de espesor, el mismo utilizado para la elaboración de equipos médicos. Se comenzó con el corte para la base, realizando un dobléz para el marco interior de colocación del vidrio. En la Figura 3.8 se observa la base de la estructura.



Figura 3.8: Base de estructura.
Elaborado por: El investigador.

En cada esquina se soldó un pilar que sirve de soporte para el acrílico. En la Figura 3.9 se observa la estructura completa.



Figura 3.9: Estructura metálica.
Elaborado por: El investigador.

En la Figura 3.10 se observa el sistema mecánico, el cual utiliza dos rodillos para generar el movimiento de la cinta. En el rodillo motriz, se adaptó un bocín de bronce en uno de sus extremos; mientras que el otro extremo cuenta con una chumacera y una extensión de eje para la generación del movimiento. Para evitar fugas de agua, se colocó un tapón con trenza de asbesto en su interior.



Figura 3.10: Sistema mecánico.
Elaborado por: El investigador.

Para el funcionamiento del sistema, se colocó un piñón de 15 dientes en el eje del motor; mientras que el eje motriz de la estructura, cuenta con un disco de 47 dientes. Se colocó una base para el soporte del motor tal como se observa en la Figura 3.11.

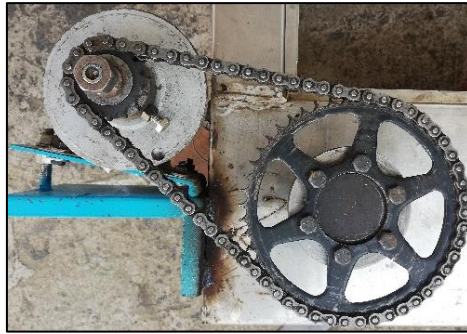


Figura 3.11: Sistema motor-eje.
Elaborado por: El investigador.

Para la visualización del paciente en el interior de la estructura se colocó una lámina de acrílico transparente de 6mm de espesor, de acuerdo a las dimensiones del marco interior de cada uno de los lados de la estructura. Este material cuenta con alta resistencia a golpes que se pueden producir tanto en el interior como en el exterior de la estructura. Para evitar inconvenientes con el movimiento del motor, se elaboró un cubre motor. En la Figura 3.12 se observa la estructura final.



Figura 3.12: Estructura final.
Elaborado por: El investigador.

3.4. Diseño e implementación del sistema SCADA

En la Figura 3.13 se muestra el diagrama de bloques del sistema de hidroterapia, el cual está dividido en cuatro etapas: sensorización, adquisición de datos, control, gestión y visualización de información.

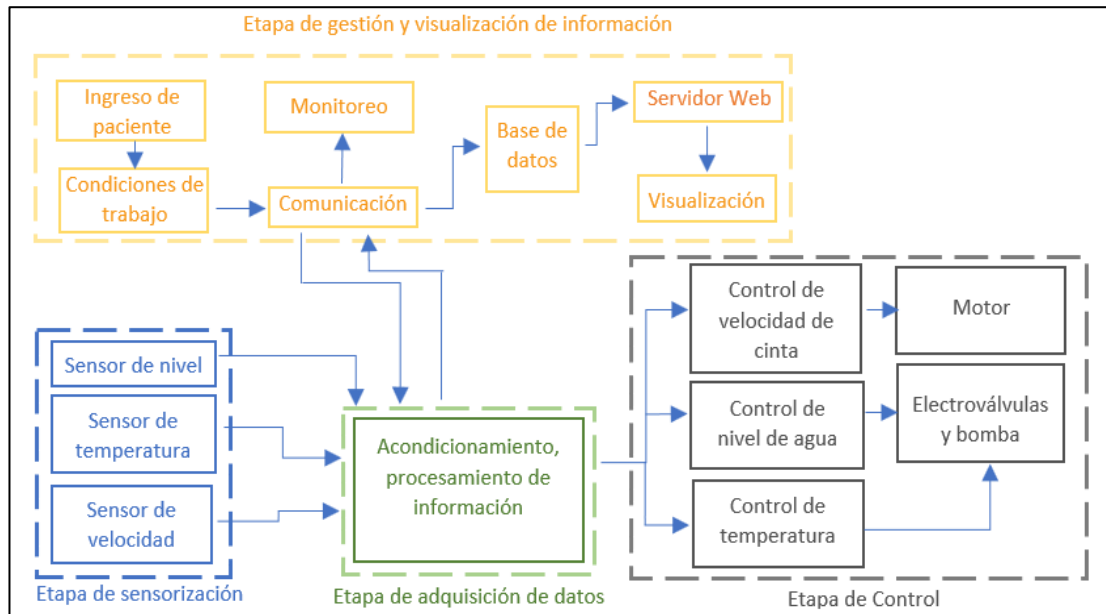


Figura 3.13: Diagrama de bloques.
Elaborado por: El investigador.

Etapa de sensorización

Esta etapa permite obtener de datos de magnitudes físicas como: nivel, temperatura y de velocidad.

Sensor de nivel

En la Tabla 3.5 se comparan características técnicas de varios dispositivos ultrasónicos presentes en el mercado.

Tabla 3.5: Características sensores ultrasónicos.

MODELO	HC-SR04	US-016	US-100
IMAGEN			
VOLTAJE	5VDC	5VDC	5VDC
CORRIENTE DE TRABAJO	15mA	3,8 mA	15mA
RANGO DE MEDICION	2 a 450cm	4 a 300 cm	2 a 450cm
PRECISION	$\pm 3\text{mm}$	$0,3\text{cm} \pm 1\%$	$\pm 3\text{mm}$
ÁNGULO DE DETECCION	15°	15°	15°
SEÑAL DE SALIDA	Digital	Analógico	UART/SERIAL
TIEMPO MINIMO ENTRE MEDICION	20ms	50ms	30ms

Elaborado por: El investigador, en base a [42].

Para la selección del sensor de nivel, se analizó los parámetros técnicos de los mismos. De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 3.5, se determinó utilizar el sensor ultrasónico **HC-SR04** puesto que, a diferencia de los demás, cuenta con una señal de salida digital para la medición del pulso. Asimismo, su tiempo mínimo entre medición es menor.

Sensor de temperatura

En la Tabla 3.6 se describen las características técnicas de varios sensores para medición de temperatura presentes en el mercado.

Para seleccionar el sensor de medición de velocidad, se analizó la ubicación del mismo. Teniendo en cuenta que, el motor utilizado no permite la adaptación directa de un sensor, se decidió colocar uno en el sistema mecánico. Las interrupciones a sensor son generadas por los dientes que componen el disco, el ancho del mismo es mayor a la abertura del elemento de censado; debido a esto, se decidió realizar un sensor que cumpla con esta característica. En la Figura 3.14 se observa el diagrama del sensor óptico diseñado.

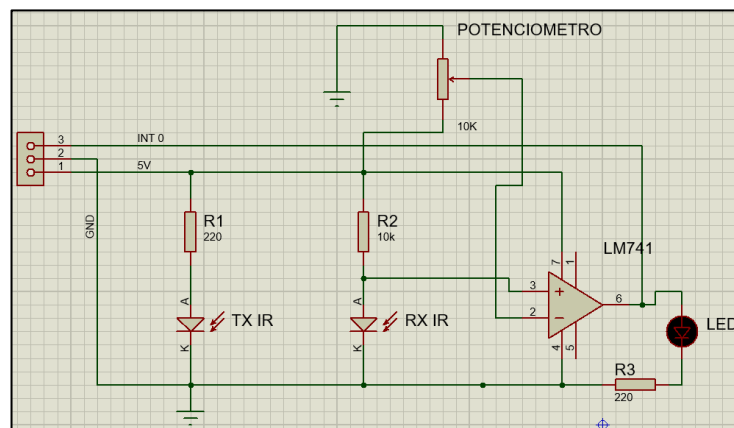


Figura 3.14: Diagrama encoder.
Elaborado por: El investigador.

La detección se realiza mediante un transmisor y receptor IR. El pulso detectado es amplificado por un C.I. LM741 y enviado a la tarjeta de adquisición de datos. En la Figura 3.15 se observa el circuito PCB.

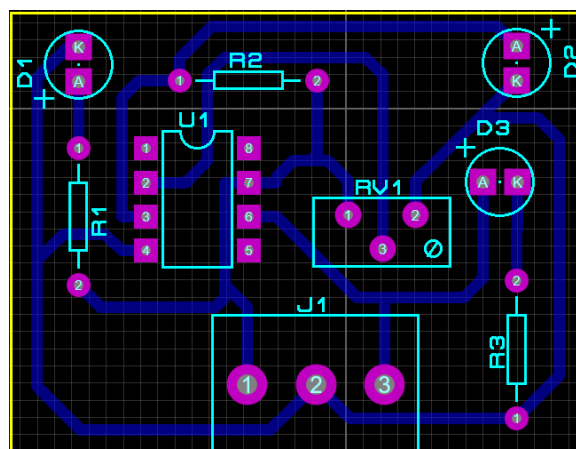


Figura 3.15: Circuito PCB encoder.
Elaborado por: El investigador.

Para su elaboración se utilizó papel Couche y, mediante el método de planchado, se grabó las pistas en la baquelita. Después de corroer el cobre sobrante, se procedió a perforar y a soldar los elementos. Esta placa se colocó en una platina para la detección de los dientes del disco como interrupción. En la Figura 3.16 se observa la colocación del sensor.



Figura 3.16: Ubicación sistema mecánico.
Elaborado por: El investigador.

Se diseñó una placa electrónica para energizar a los sensores, con el objetivo de no sobrecargar la tarjeta de acondicionamiento, ocupando un regulador de voltaje 7805 para estabilizar la alimentación de los sensores a 5 voltios.

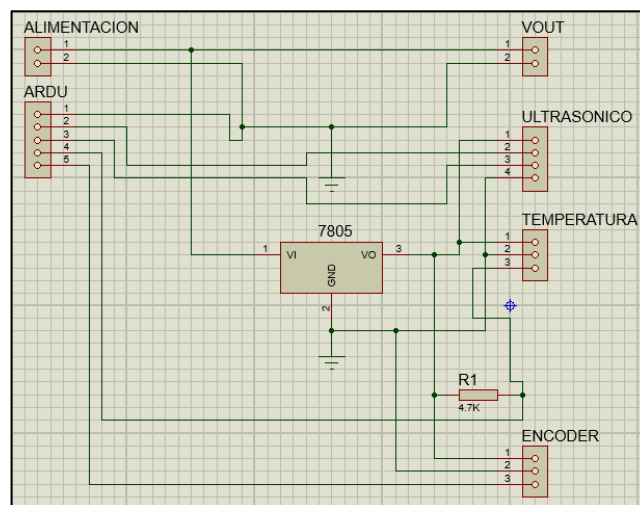


Figura 3.17: Diagrama placa electrónica conexión sensores.
Elaborado por: El investigador.

La placa consta de un grupo de borneras para la conexión de los diferentes sensores para el envío y recepción de información.

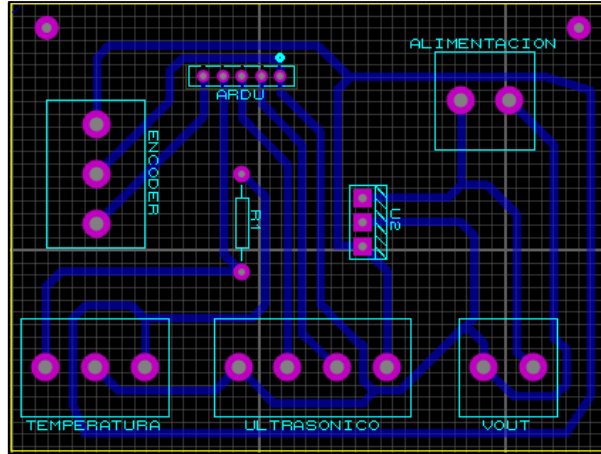


Figura 3.18: Circuito PCB conexión de sensores.
Elaborado por: El investigador.

Para su elaboración se utilizó papel Couche y, mediante el método de planchado, se grabó las pistas en la baquelita. Después de correr el cobre sobrante, se procedió a perforar y a soldar los elementos. La placa final se observa en la Figura 3.19.






Figura 3.19: Placa conexión de sensores.
Elaborado por: El investigador.

Etapa de adquisición de datos

En la Tabla 3.8 se comparan las características técnicas de tarjetas de desarrollo electrónicas presentes en el mercado para la adquisición, acondicionamiento y procesamiento de información.

Tabla 3.8: Características tarjetas de desarrollo electrónicas.


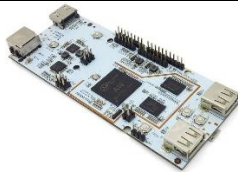

MODELO	Arduino Uno	PIC32-Pingüino	Wiring V1.0
IMAGEN			
VOLTAJE	5VDC	2.3 a 3.6VDC	7.5 a 12VDC
MICROCONTROLADOR	ATmega328	PIC32MX440F256H	ATMEGA644P
MEMORIA FLASH	32KB	32KB	64KB
PINES DIGITALES	14 (6 PWM)	8 (5 PWM)	16 (6 PWM)
PINES ANALOGICOS	6	5	8

Elaborado por: El investigador, en base a [35], [47], [48].

Para seleccionar una tarjeta de desarrollo, se analizó sus características técnicas, su compatibilidad con los sensores y la cantidad de información disponible. La tarjeta **Arduino Uno** ha sido seleccionado por el nivel de voltaje con el que trabajan los sensores y la gran cantidad de librerías desarrolladas por su extensa comunidad.

En la Tabla 3.9 se comparan las características técnicas de las tarjetas SBC presentes en el mercado.

Tabla 3.9: Características tarjetas SBC.

MODELO	Raspberry PI 3B	PCDuino	BeagleBone Black
IMAGEN			
PROCESADOR	ARM Cortex-A53 1,2GHz	ARM Cortex A8 1Ghz	AM335x ARM A8 1GHz
CONECTIVIDAD	- LAN inalámbrico 802.11 b/g/n - Bluetooth 4.1 - 1 puerto Ethernet 10/100 - 4 puertos USB 2.0	- 1 puerto Ethernet 10/100 - 2 puertos USB 2.0	- 1 puerto Ethernet 10/100 2 puertos USB 2.0
VIDEO	-1 conector HDMI -1 conector RCA	- 1 conector HDMI	1 conector mini-HDMI
SISTEMA OPERATIVO	Raspbian, Ubuntu, Windows	Ubuntu y Android	Ubuntu y Android
ALIMENTACION	5V, 2A	5V,2A	5V,2A

Elaborado por: El investigador, en base a [37], [49], [50].

El sistema requiere de una plataforma de monitoreo y una base de datos para el almacenamiento de información. De acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 3.9, se determinó utilizar la tarjeta **Raspberry Pi 3B**, ya que cuenta con un extenso soporte en el desarrollo de sistemas de monitorización y permite una sencilla y eficiente gestión de bases de datos [51].

Etapas de control

Motor

Para la selección del motor, se analizó varios aspectos: El peso de carga máximo, velocidad máxima de desplazamiento, presión hidrostática y el rozamiento del bocín de bronce.

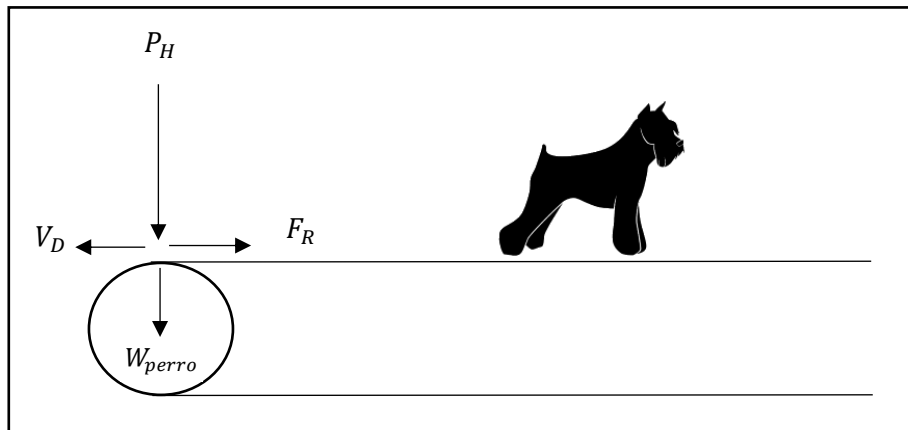


Figura 3.20: Diagrama de fuerzas.
Elaborado por: El investigador.

La masa máxima de un perro de raza pequeña es de 14 kilogramos [13]. Según [52] el peso:

“Es la magnitud de la fuerza gravitacional ejercida sobre el objeto”.

Esta se da según la Ecuación 4 [52].

$$W (N) = m (kg) * g (9,8 m/s^2) \qquad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

W = Peso

m = masa

g = Gravedad

$$W = 14 kg * 9,8 (m/s^2)$$

$$W = 137,2 N$$

Sin agua, únicamente influye el peso del can y el rozamiento del bocín, el cual se calcula según la Ecuación 5 [52].

$$F_R = \mu \cdot N \qquad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

F_R = Fuerza de rozamiento

μ = Coeficiente de rozamiento en seco (0,25 [55])

N = Normal

El bocín presenta una masa de 0,1 kg. Se obtiene la Normal según la Ecuación 6 [52]:

$$N = m \cdot g \quad \text{Ecuación 6}$$

$$N = 0,1 * 9,8$$

$$N = 0,98 \text{ N}$$

Sustituyendo en la Ecuación 5:

$$F_R = 0,25 * 0,98$$

$$F_R = 0,245 \text{ N}$$

Al sumar las fuerzas se obtiene la Ecuación 7:

$$F_{T1} = W + F_R \quad \text{Ecuación 7}$$

$$F_{T1} = (137,2 + 0,245) \text{ N}$$

$$F_{T1} = 137,44 \text{ N}$$

Se utilizó un conjunto mecánico conformado por un disco de 47 dientes con un diámetro de 16 cm y un piñón de 15 dientes con un diámetro de 8 cm.

El torque se obtiene según la Ecuación 8 [52]:

$$T = F \cdot D \quad \text{Ecuacion 8}$$

Donde:

T = Torque

F = Fuerza

D = Distancia

$$T = 137,44 \text{ N} * 0,08 \text{ m}$$

$$T = 10,9 \text{ N} * \text{m}$$

Un Newton * metro es igual a 10.19716 kg*cm [56].

Transformando:

$$T = 111,07 \text{ kg} * \text{cm}$$

Se determina la relación de transferencia utilizando la Ecuación 9 [57]:

$$T_1 = \frac{T_2 * N_1}{N_2} \quad \text{Ecuacion 9}$$

Donde:

T_2 = Torque eje motriz

T_1 = Torque motor

N_2 = Número de dientes eje motriz.

N_1 = Número de dientes motor.

$$T_1 = \frac{111,07 \text{ (kg} * \text{cm)} * 15}{47}$$

$$T_1 = 35,44 \text{ kg} * \text{cm}$$

El torque máximo requerido para mover al can sin agua es de 35,44 kg*cm.

El peso del perro disminuye al aumentar el nivel de agua [19]. En el momento el que el can flota, no se ejerce presión sobre la cinta. Por lo que, las variables a considerar son la presión hidrostática y el rozamiento del bocín.

La presión hidrostática se obtiene según la Ecuación 10 [54]:

$$P_H \text{ (kg/m} \cdot \text{s}^2\text{)} = \rho \text{ (kg/m}^3\text{)} \cdot g \text{ (m/s}^2\text{)} \cdot h \text{ (m)} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

ρ = Densidad del líquido (agua = 1000 kg/m³)

g = Gravedad (9,8 m/s²)

h = Altura

La altura máxima de agua con respecto al eje motriz es de 0,3 m. Por lo que la presión ejercida es igual:

$$P_H = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} \cdot 9,8 \text{ (m/s}^2\text{)} \cdot 0,3 \text{ (m)}$$

$$P_H = 2940 \text{ N/m}^2$$

La fuerza se expresa según la Ecuación 11 [53]:

$$F = P \cdot A \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

F = Fuerza

P = Presión

A = Área

Donde el área a utilizar es el área del bocín y el eje, la cual se calcula mediante la Ecuación 12 [54]:

$$A = 2 * \pi * r * l \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

r = radio de bocín (0,031 m)

l = longitud de eje (0,45 m)

$$A = 2 * \pi * (0,031m) * (0,45m)$$

$$A = 0,087 \text{ m}^2$$

Resolviendo Ecuación 11 [53]:

$$F_A = 2940 \text{ (kg/m * s}^2\text{)} * 0,087 \text{ m}^2$$

$$F_A = 255,78 \text{ N}$$

La fuerza de rozamiento del bocín de bronce se calcula según la Ecuación 5, donde el coeficiente de rozamiento del bocín lubricado es de 0,1 [55], y la Normal de 0,98N (Ecuación 6). Al sustituir en la Ecuación 5 se obtiene:

$$F_R = 0,1 * 0,98$$

$$F_R = 0,098 \text{ N}$$

Al sumar las fuerzas se obtiene la Ecuación 13 [53]:

$$F_{T2} = F_A + F_R \quad \text{Ecuación 13}$$

$$F_{T2} = (255,78 + 0,098) \text{ N}$$

$$F_{T2} = 255,88 \text{ N}$$

El torque se obtiene según la Ecuación 8 [57], donde la fuerza es igual a 255,88N:

$$T = 255,88 \text{ N} * 0,08 \text{ m}$$

$$T = 20,46 \text{ N} * \text{m}$$

Un Newton * metro es igual a 10.19716 kg*cm [56]

Transformando:

$$T = 208,52 \text{ kg} * \text{cm}$$

Utilizando la Ecuación 9 [57]:

$$T_1 = \frac{208,52 \text{ (kg} * \text{cm)} * 15}{47}$$

$$T_1 = 66,54 \text{ kg} * \text{cm}$$

De acuerdo a los valores de torque obtenidos, se requiere utilizar un motor con un torque de 66,54 kg * cm o superior para satisfacer los valores máximos de altura y peso.

Las revoluciones del motor deben satisfacer la velocidad promedio de los perros que varía entre 0,2 a 0,3 m/s en razas pequeñas [1]. En este contexto se calcula el perímetro según la Ecuación 14 [52], siendo esto la distancia que recorre el eje en dar una vuelta.

$$\text{Perímetro} = 2 * \pi * r \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

r = radio eje motriz (0,031 m)

$$\text{Perímetro} = 2 * \pi * (0,031 \text{ m})$$

$$\text{Perímetro} = 0,1947 \text{ m}$$

Considerando que, la velocidad en motores se da en RPM (Revoluciones Por Minuto) y la velocidad máxima de desplazamiento de la cinta es de 18m/min. Se utilizó la siguiente relación:

$$\begin{array}{l} 0,1947\text{m} \text{ ----- } 1 \text{ rev} \\ 18 \text{ m} \text{ ----- } x \end{array}$$

El valor de “x” se obtiene utilizando la Ecuación 15:

$$x = \frac{18 \text{ m} * 1 \text{ rev}}{0,1947 \text{ m}} \quad \text{Ecuación 15}$$

$$x = 92,44 \text{ rev}$$

El eje motriz debe girar a 92,44 revoluciones en un minuto para que la cinta se desplace 18 metros en un minuto. Utilizando la Ecuación 16 [57], se obtiene el número de revoluciones requeridas por el motor.

$$\theta_1 = \frac{N_2 * \theta_2}{N_1} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde

θ_2 = RPM eje motriz

θ_1 = RPM motor

N_2 = Número de dientes (47) eje motriz.

N_1 = Número de dientes (15) motor.

$$\theta_1 = \frac{47 * 92,44 \text{ rpm}}{15}$$

$$\theta_1 = 289.64 \text{ rpm}$$

El motor requiere generar 289,64 revoluciones en un minuto.

Tomando en cuenta estas características, se utilizó el siguiente motor:

PT#96700



Figura 3.21: Motor seleccionado [58].

Voltaje de operación: 60 – 90VDC

Corriente: 6 - 9 A.

RPMS: 3000 - 4000

Potencia: 745,7 W

Torque: 80 kg*cm.

La velocidad máxima que puede alcanzar la cinta utilizando este motor, se obtiene según la Ecuación 17:

$$x = \frac{4000 \text{ rpm} * 0,3 \text{ m/s}}{289,64 \text{ rpm}} \quad \text{Ecuación 17}$$

$$x = 4,14 \text{ m/s}$$



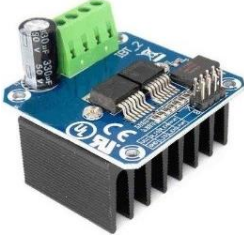
Transformando a Km/h

$$x = 14,9 \text{ Km/h}$$

Controlador de Motor

En la Tabla 3.10 se comparan las características técnicas de varios controladores de motores DC presentes en el mercado.

Tabla 3.10: Características driver motor DC.

MODELO	IRUI ZW6/9-15A	Módulo L298N	BTS7960
IMAGEN			
VOLTAJE	6–90VDC	5–46VDC	5,5 –27VDC
CORRIENTE MAX	15A	4ª	43A
CORRIENTE CON.	10A	2ª	35A
POTENCIA	900W	184W	945W



Elaborado por: El investigador, en base a [58 - 60].

Para la selección del driver de motor se analizó el voltaje y la corriente de funcionamiento de acuerdo al motor utilizado. Con base a los parámetros técnicos del motor seleccionado, se optó por el driver **IRUI ZW6/9-15A** ya que cumple con todas las características necesarias para un correcto funcionamiento y control del motor utilizado.

Electroválvulas

En la Tabla 3.11 se compara las características técnicas de varias electroválvulas presentes en el mercado.

Tabla 3.11: Características electroválvulas.

MODELO	WH13X10024	AQT15SP	EBOWAN HSY4K
IMAGEN			
MATERIAL	Plástico	Plástico	Plástico
VOLTAJE	110 VAC	12 VDC	12 VDC
POTENCIA	5W	8W	4W
FLUIDO	Agua	Agua	Aire, agua
ESTADO	NC (Normalmente cerrado)	NC (Normalmente cerrado)	NC (Normalmente cerrado)
CAUDAL	15L/min	5 L/min	8L/min
PRESION MÍNIMA	0.02Mpa	0.05Mpa	0.05Mpa
PRESION MÁXIMA	1.2Mpa	0.8Mpa	0.8Mpa
TEMPERATURA	-10 a 80°C	5 a 60°C	-5°C~+60°C




Elaborado por: El investigador, en base a [61 – 63].

Según las Normas básicas para instalaciones interiores de suministro de agua [64], el caudal mínimo de agua en una vivienda debe ser de 12 l/min. (litros/minuto). Si la presión de agua no sobrepasa el valor mínimo, no circula agua por la electroválvula. Si la presión de agua excede la presión máxima, la membrana interna permitirá el paso de agua sin control alguno. Con base en este parámetro, se seleccionó el modelo **WH13X10024**; además, cuenta con dos entradas de agua, lo que evita utilizar dispositivos independientes.

Bomba

En la Tabla 3.12 se comparan las características técnicas de bombas presentes en el mercado.

Tabla 3.12: Características bombas.

MODELO	LUTH 145787	Micro bomba	Mini bomba
IMAGEN			
MATERIAL	Plástico	Plástico	Plástico
VOLTAJE	110VAC	2,5 – 6 VDC	12 VDC
POTENCIA	30W	0,2W	1,2W
CAUDAL	20L/min	1,33 a 2 L/min	4L/min
DIAMETRO DE ENTRADA	30mm	5mm	5mm
DIAMETRO DE SALIDA	24mm	5mm	5mm

Elaborado por: El investigador, en base a [65 – 67].

Para la selección de la bomba se analizó los parámetros técnicos de las mismas. Al contar con una mayor cantidad de caudal de salida, se requiere de menor tiempo para el vaciado. Tomando en cuenta esta característica, se optó por utilizar la bomba **LUTH 145787**, siendo un dispositivo mucho más eficiente y rápido en comparación con los otros.

Se diseñó una placa electrónica para la activación de las electroválvulas y la bomba de desagüe (Ver Figura 3.22), con el objetivo de separar la sección de control de la sección de potencia. Esta placa recibe tres señales de control, una para la electroválvula de agua caliente, una para la electroválvula de agua fría y una para la activación de la bomba de desagüe. Estas señales activan el optoacoplador MOC3021 correspondiente, los cuales permiten el paso de 110VAC a través de TRIACs BT136 para energizar a los actuadores finales.

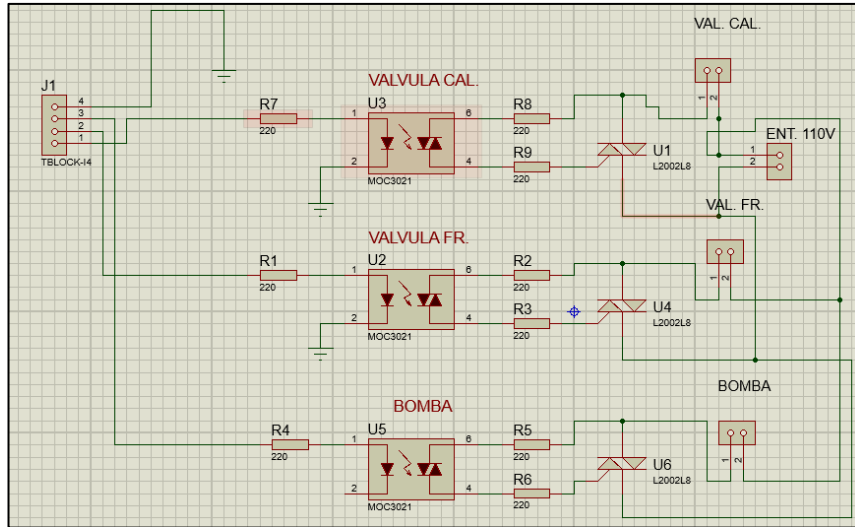


Figura 3.22: Diagrama de control.
Elaborado por: El investigador.

El circuito PCB se muestra en la Figura 3.23.

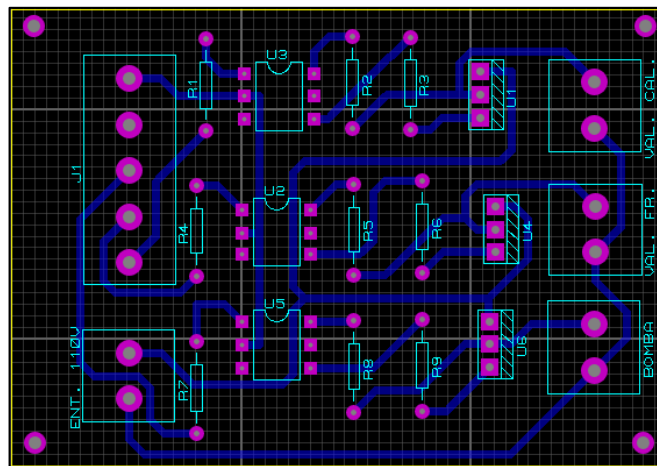


Figura 3.23: Circuito PCB placa control.
Elaborado por: El investigador.

Para su elaboración se utilizó papel Couche y, mediante el método de planchado, se grabó las pistas en la baquelita. Después de corroer el cobre sobrante, se procedió a perforar y a soldar los elementos. La placa final se observa en la Figura 3.24.

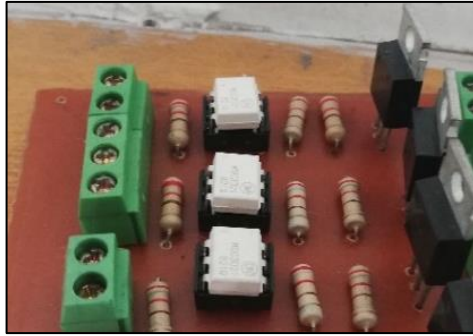


Figura 3.24: Placa de control.
Elaborado por: El investigador.

Potencia

Al no contar con una fuente con las características eléctricas del motor, se utilizó una fuente de 24V DC de 480W, y una placa electrónica Step up para elevar el voltaje de salida a 60VDC.



Figura 3.25: Placa electrónica Step up [69].

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Voltaje de entrada: 8 – 60 Vcc

Corriente de entrada: 0.3 – 20 A

Voltaje de salida: 12 – 83 Vcc

Potencia máxima: 1200 W

El diagrama de conexión de elementos se observa en la Figura 3.26. En la Figura 3.27 se observa el diagrama de conexión en bloques.



Figura 3.26: Diagrama de conexión.
Elaborado por: El investigador.

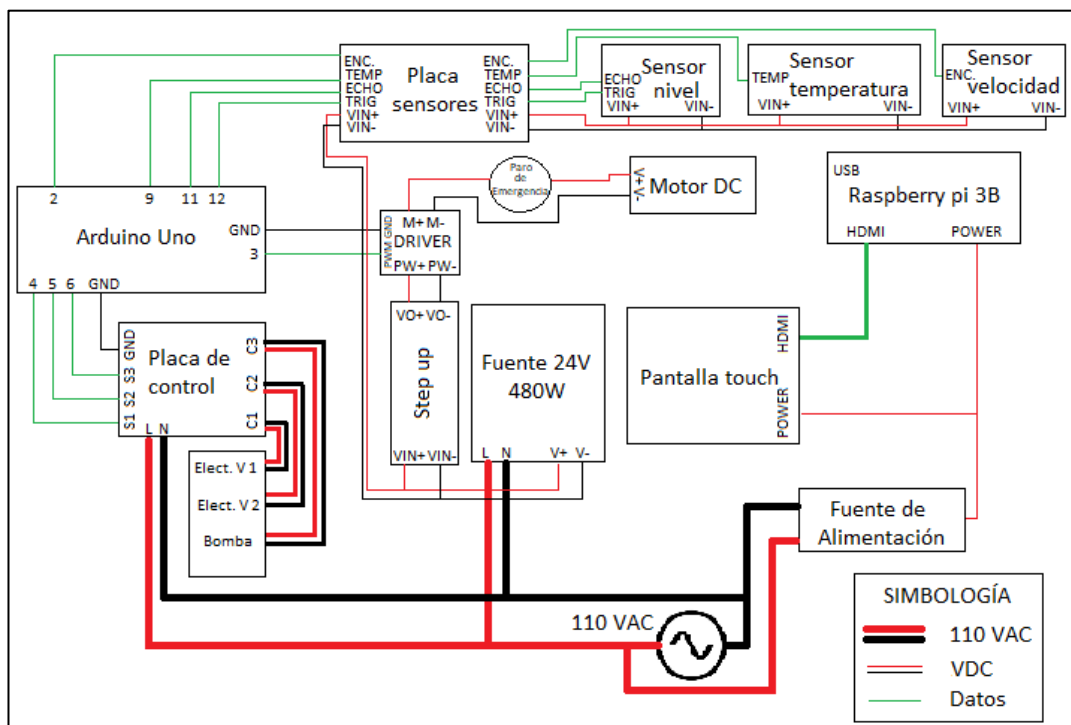


Figura 3.27: Diagrama de conexión en bloques.
Elaborado por: El investigador.

Para la tarjeta Arduino, la placa de control, la fuente de poder y el driver de motor DC, se diseñó una caja de acrílico donde se colocan todos los componentes.

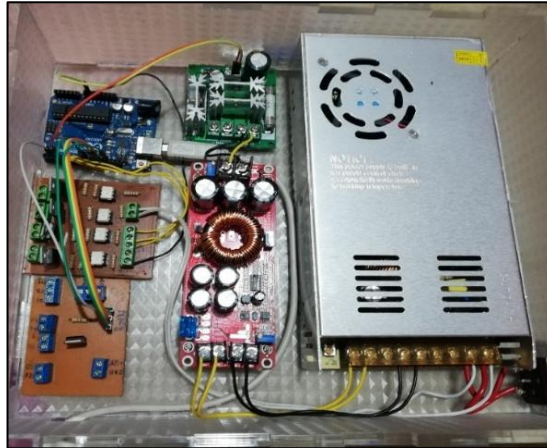


Figura 3.28: Ensamble caja elementos de control.
Elaborado por: El investigador.

Para la tarjeta Raspberry PI, su fuente de alimentación y una pantalla touch de 9 pulgadas se diseñó una caja de acrílico.

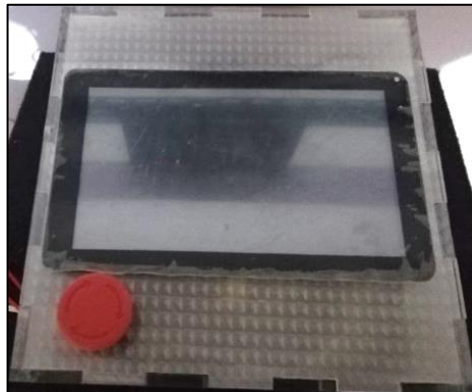





Figura 3.29: Ensamble caja Raspberry.
Elaborado por: El investigador.

Etapas de gestión y visualización de información

Esta etapa permite almacenar información correspondiente al paciente, establecer condiciones para el tratamiento, monitorear el estado actual del sistema y visualizar los datos.

En la Tabla 3.13 se describen varios programas disponibles para el desarrollo de plataformas de adquisición, control y supervisión de datos.

Tabla 3.13: Características software monitoreo.

MODELO	MyOpenLab	Matlab	LabVIEW
IMAGEN			
LICENCIA	Gratuito	Paga	Paga
LENGUAJE	Gráfico	Matlab	Gráfico
PLATAFORMA	Multiplataforma	Unix, Windows, Mac Os.	Windows, Mac Os
HARDWARE	- Arduino - Tarjeta K8055	- Arduino	- Arduino - LabVIEW FPGA - LabVIEW Realtime
USOS	Monitoreo Educación	Investigación Desarrollo	Monitoreo Educación

Elaborado por: El investigador, en base a [70 – 72].

El software a utilizar en el presente proyecto es **MyOpenLab**, el cual cuenta con características: Licencia GPL, multiplataforma, bajo consumo de recursos, compatible con diferentes hardware de adquisición de datos. En el Anexo C, se encuentra la instalación y configuración del software.

Diseño de sistema SCADA

El sistema SCADA consta de dos pantallas. La primera, denominada “**principal.vlogic**” permite el ingreso de los datos informativos del paciente como son: nombre, raza, edad, estado y propietario; además, cuenta con la opción de visualización de pacientes registrados anteriormente para proceder con la siguiente pantalla. La segunda, “**control.vlogic**”, es la pantalla de la interfaz de control. En esta sección se encuentra los controles para establecer las condiciones de funcionamiento de la máquina como son: Nivel, temperatura y velocidad. Además, cuenta con una

sección para la visualización de los datos actuales del sistema y un botón para iniciar y finalizar el conteo de tiempo de tratamiento.

Principal.vlogic

El panel de circuito “principal.vlogic” cuenta con dos secciones principales. La sección de ingreso de información está formada por un bloque de matriz para almacenamiento, esta es transformada en un dato tipo string de 2 dimensiones. Cada uno de los campos de entrada de texto relacionados a los datos informativos del paciente son almacenados en una posición de la matriz. El arreglo final de los cinco campos de texto es almacenado en un archivo con extensión “.csv” denominado “registro.csv”. Este archivo es almacenado en el directorio “/home/pi/Downloads”.

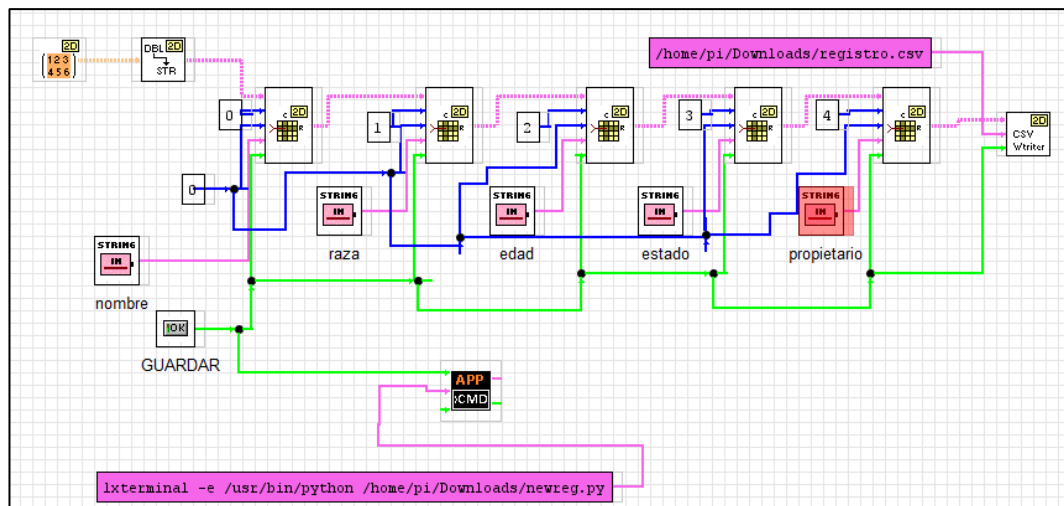


Figura 3.30: Sección ingreso de información principal.vlogic.

Elaborado por: El investigador.

El botón “**Guardar**” ejecuta la acción de almacenamiento en el archivo de registro. Adicionalmente, ejecuta un script de Python denominado “**newreg.py**” (Anexo D) encargado de leer la información del archivo “**registro.csv**” y almacenarla en la base de datos en la tabla “registro”. El botón “nuevo” habilita la visualización de las entradas de texto en el panel frontal.

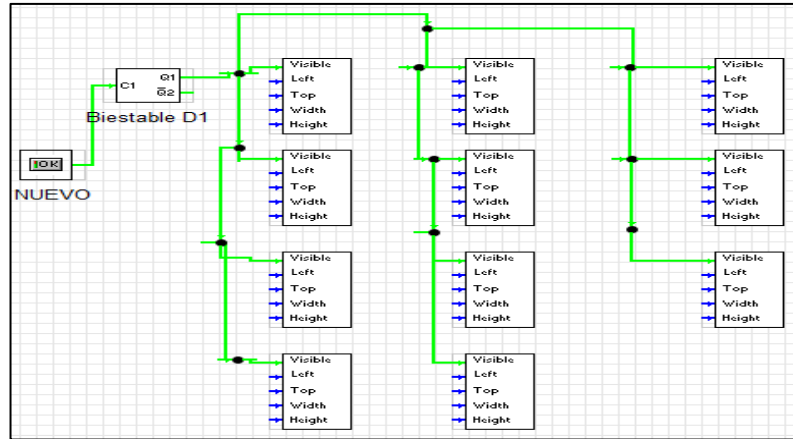


Figura 3.31: Habilitación entradas de texto.
Elaborado por: El investigador.

En la sección de visualización previa se encuentra el botón “PREVIO”, el cual ejecuta la lectura de los registros de la base de datos a través de un script en Python denominado “**lecprev.py**” (Anexo E). La lectura ejecutada por este archivo es almacenada en el archivo “**prev.csv**”. Estos valores se visualizan en una lista en el panel frontal. Además, el numero seleccionado es enviado hacia el archivo “**idper.csv**”, el cual registra número del paciente seleccionado.

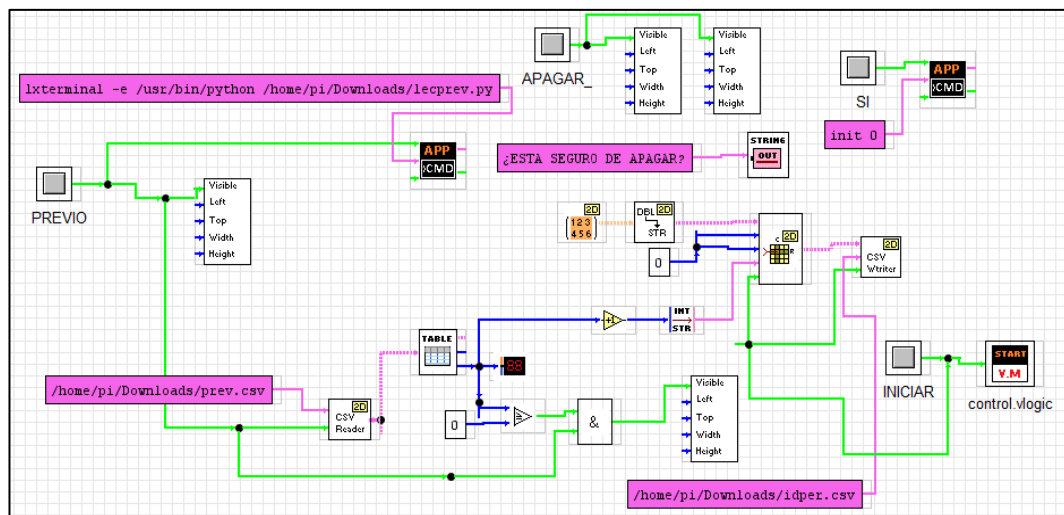


Figura 3.32: Sección visualización principal.vlog
Elaborado por: El investigador.

En el panel frontal se observa la distribución de los elementos en la pantalla. El botón “nuevo” habilita la visualización de los elementos de ingreso de texto.



Figura 3.33: Acción botón nuevo.
Elaborado por: El investigador.

El botón “previo” habilita la visualización de una lista con los nombres de los pacientes registrados en la base de datos.

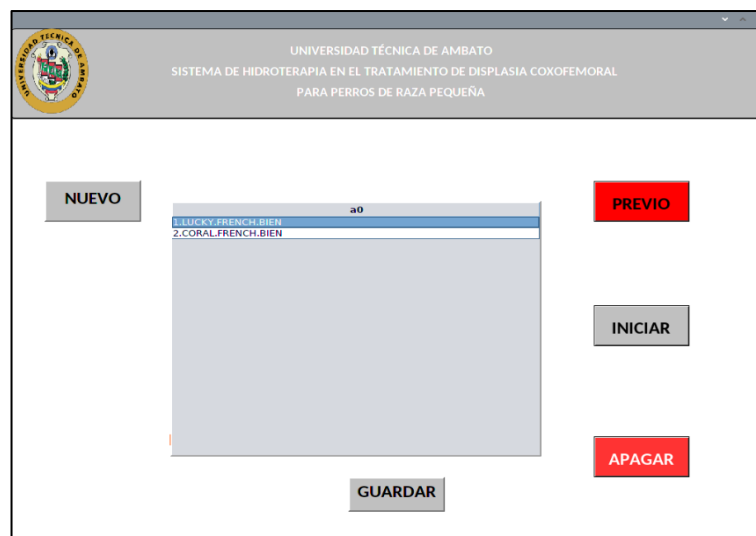


Figura 3.34: Acción botón previo.
Elaborado por: El investigador.

El botón “apagar” muestra en pantalla una alerta de apagado del sistema. El presionar el botón “si”, ejecuta el comando “**init 0**” en un terminal, apagando la tarjeta Raspberry.

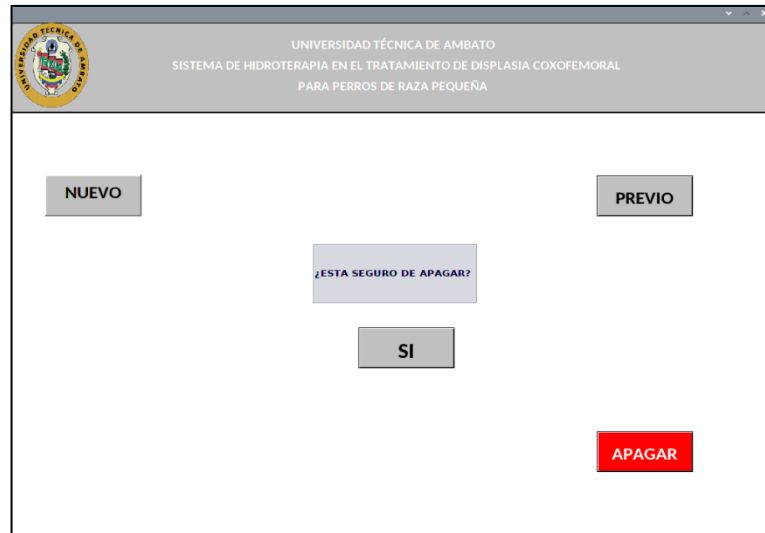


Figura 3.35: Acción botón apagar.
Elaborado por: El investigador.

Control.vlogic

El bloque de comunicación entre MyOpenLab y la tarjeta Arduino se encuentra en panel de control. Los datos son enviados en una trama a través de comunicación serial. La comunicación es bidireccional entre ambas partes. En el sketch “**prueba1.ino**” (Anexo F) se establecen las condiciones de entramado para enviar información hacia la interfaz “**control.vlogic**”; además de la lectura y separación de variables recibidas. La tarjeta Arduino se encarga de ejecutar las acciones recibidas a través del software y enviar información referente a: nivel, temperatura, velocidad y estado actual de las válvulas.

El bloque encargado de enviar y recibir la información a través de comunicación serial en MyOpenLab se denomina “**RS232v21**”. La lectura se la realiza de manera constante; mientras que, para el envío de información, se requiere de un pulso cada vez que se desee transmitir el dato. La sección de lectura y desentramado recibe y transformada los datos tipo “**Byte1D**” en una cadena de caracteres tipo “**string**”. El bloque “**longitud**” permite conocer la longitud de una cadena de texto. Los valores recibidos son separados de manera individual para poder ser visualizados y ejecutar acciones con los mismos dentro del programa. Para ello se utiliza el bloque “**SubString1**”. Los datos obtenidos son: nivel actual de agua, temperatura, velocidad, activación y desactivación de válvulas de ingreso de agua y bomba de desagüe. El

valor leído del sensor es modificado considerando la altura referente entre el mismo y la base de la cinta; para ello, se resta el valor leído con respecto a la altura del sensor.

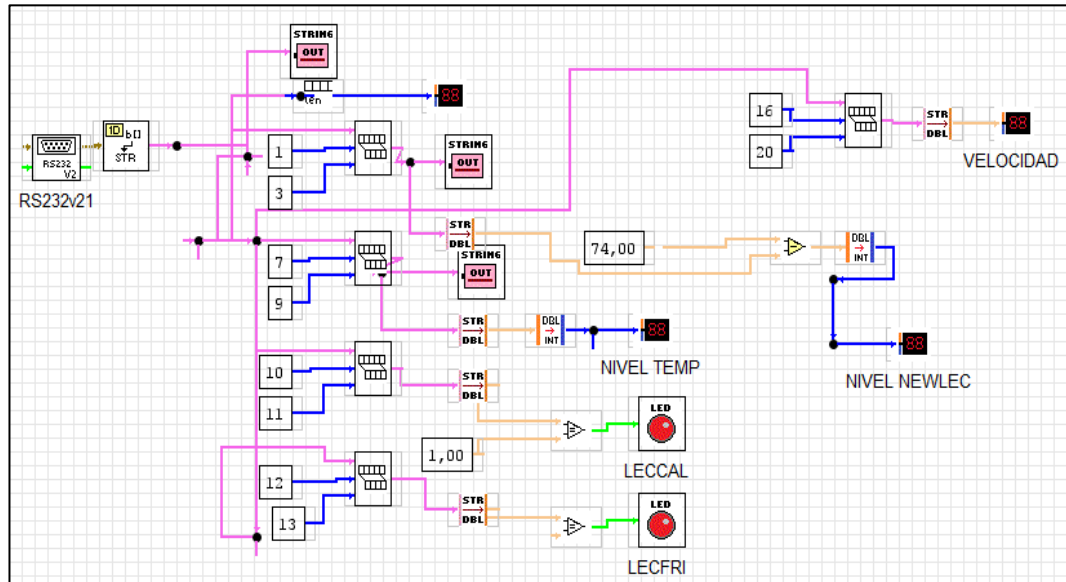


Figura 3.36: Sección lectura y desentramado.

Elaborado por: El investigador.

El usuario cuenta con la opción de utilizar el sistema en modo Manual o en modo Automático. En el modo Manual, el usuario envía el dato de activación o desactivación de válvulas, ya sea para agua caliente o agua fría. Mientras que, en modo automático, se transmite el dato cada vez que se genere un cambio.

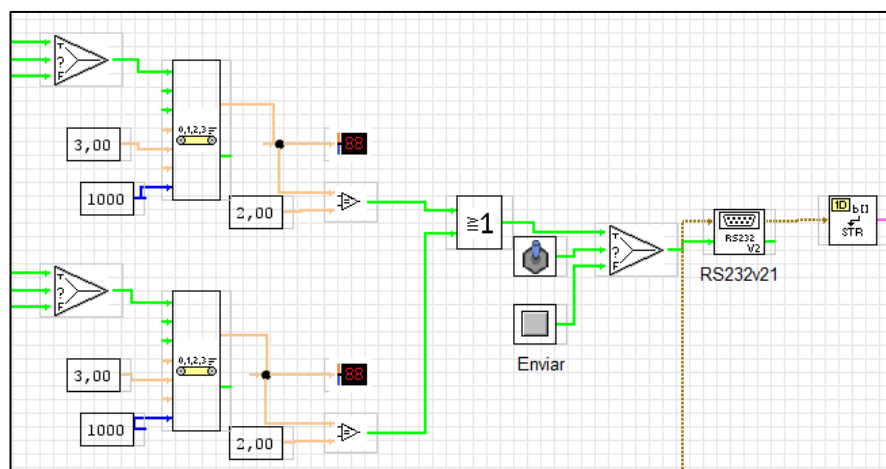


Figura 3.37: Modo Manual o Automático.

Elaborado por: El investigador.

La sección de llenado recibe tanto el nivel de agua como la temperatura de la misma. El nivel a llenarse es seleccionado mediante un bloque “**Spinner_JV**”. Se compara entre el nivel actual de agua y el nivel deseado. Si el nivel deseado es mayor al nivel leído, comienza el proceso de llenado. Para el llenado se considera la temperatura del agua; si es menor a la temperatura deseada, permite el paso de agua caliente; mientras que, si es mayor o igual a la temperatura deseada, se habilita el paso de agua fría. El proceso de llenado se visualiza en el panel Frontal mediante un indicador tipo “**Barra de color**”, y en la sección de visualización como dato numérico. Los indicadores de acción de válvula caliente y fría del sistema no se visualizan en el panel frontal, estos son reemplazados por la lectura de la variable enviada por la tarjeta Arduino.

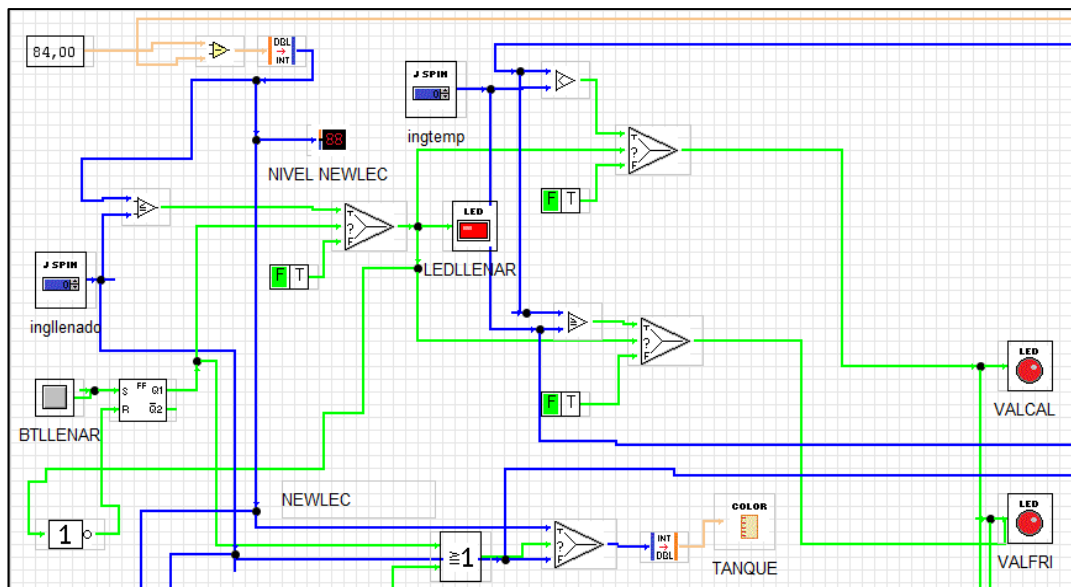


Figura 3.38: Sección llenado.
Elaborado por: El investigador.

La sección de vaciado permite la salida de agua. El proceso permite disminuir el nivel de agua de acuerdo a la necesidad del paciente y el desagüe completo al finalizar el tratamiento.

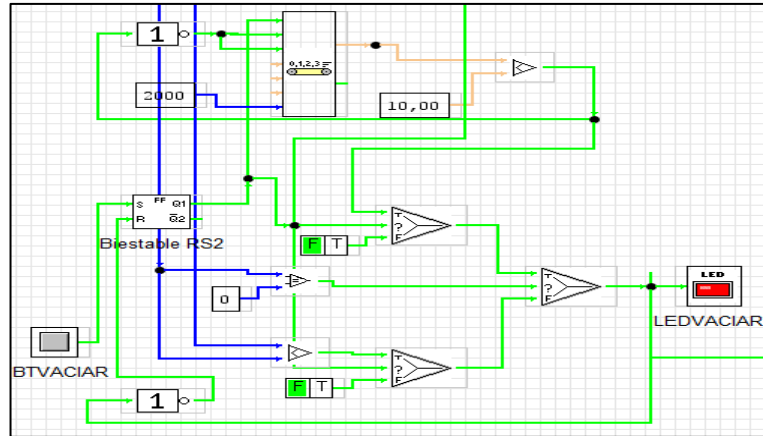


Figura 3.39: Sección vaciado.
Elaborado por: El investigador.

La sección de velocidad consta de un bloque “**Spinner_JV**” para indicar la velocidad deseada. Este, a su vez, se encuentra asociado a un bloque de condición “**Pregunta**”, cuando se encuentre activado, envía el dato de velocidad; caso contrario, envía un valor de “0”.

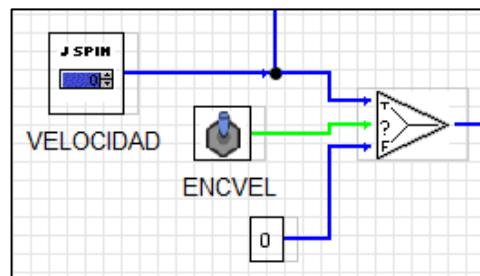


Figura 3.40: Sección velocidad.
Elaborado por: El investigador.

El dispositivo encoder mide la cantidad de vueltas generadas en un minuto; para transformar ese valor en m/s se analizó la distancia que recorre la banda en una vuelta. Esta distancia es de 200mm. Con este valor se realizó el cálculo matemático de acuerdo a la Ecuación 18:

$$velocidad \ (m/s) = \frac{rpm \times 0,2m}{60} \quad Ecuacion \ 18$$

Donde:

rpm = valor leído por el sensor.

Para su implementación en la interfaz, se utilizó el segmento indicado en la Figura 3.38:

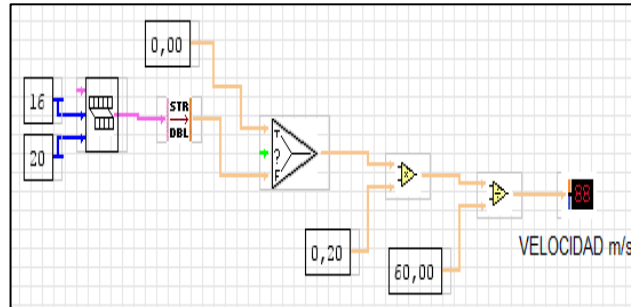


Figura 3.41: Rpms a m/s.
Elaborado por: El investigador.

La sección de envío y entramado de información está conformada por un conjunto de bloques denominados “Unir”; estos concatenan dos entradas de tipo string. El entramado comienza con el carácter de inicio “T”, seguidamente recibe el estado de la válvula de agua caliente, este dato es transformado en tipo string y concatenado, separado mediante un carácter “S”, se adjunta el estado de la válvula de agua fría. Antecedido de un carácter “S”, se envía el estado de la bomba de desagüe. Finalmente, un carácter separador adjunta el dato de velocidad. Toda la cadena de caracteres es transformada en un arreglo tipo “Byte” para ser enviada a través del bloque de comunicación serial.

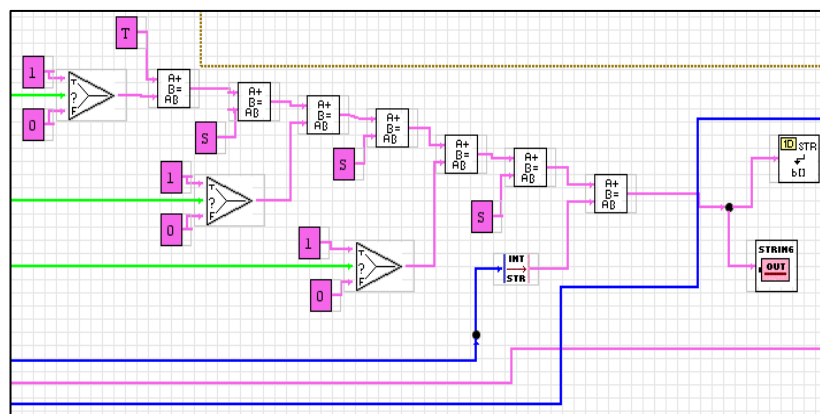


Figura 3.42: Sección envío y entramado.
Elaborado por: El investigador.

En la pantalla frontal se encuentra la sección de fecha y hora. El software MyOpenLab permite obtener estos campos de manera separa, por lo que para su visualización se concatenó los mismos en un solo dato tipo “String”.

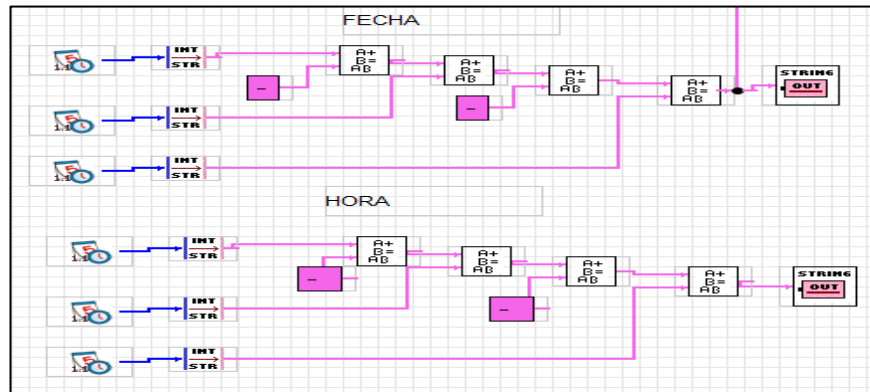


Figura 3.43: Sección fecha y hora.
Elaborado por: El investigador.

La sección de registro de datos de control se encarga de almacenar información. El primer dato almacenado es el identificador del paciente seleccionado, este se lo obtiene del archivo “**idper.csv**”. El segundo dato es el nivel, seguidamente la temperatura, velocidad, tiempo de tratamiento y fecha. Todos estos valores son agrupados en una matriz para posteriormente ser almacenados en un archivo denominado “**datcon.csv**”. El botón “**INI CONTEO**” activa el contador de tiempo, mientras que el botón “**FIN CONTEO**” detiene y reinicia el reloj; además, ejecuta el script de Python “**datreg.py**” (Anexo G), el cual lee el archivo “.csv” y envía la información hacia la base de datos.

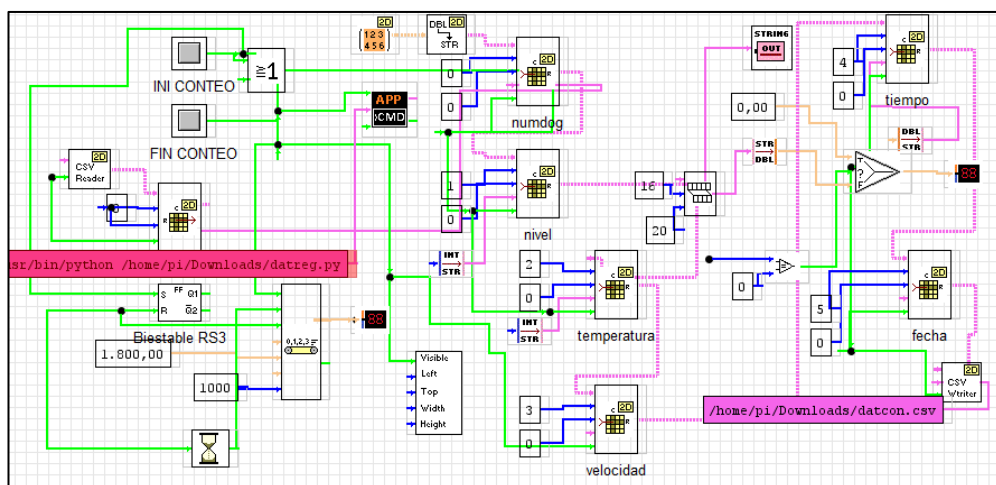


Figura 3.44: Sección registro datos de control.
Elaborado por: El investigador.

Para cerrar la pantalla de control se incorporó un botón “**BOTCER**”, el cual habilita la visualización de un panel de confirmación de cerrado, al presionar el botón “**BOTSI**”, se ejecuta el bloque “**App_Abort**”, el cual cierra la pantalla.

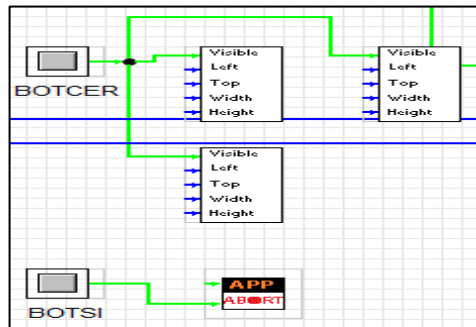


Figura 3.45: Cerrar pantalla.
Elaborado por: El investigador.

En la Figura 3.43 se observa la distribución de los elementos en el panel frontal.



Figura 3.46: Panel Frontal control.vlogic.
Elaborado por: El investigador.

Plataforma de monitoreo

Para registrar la información correspondiente a los usuarios y pacientes, se instaló un servidor web (Anexo G) y se desarrolló una base de datos con el nombre “**cva**”, en la misma se crearon tres tablas: una tabla para el registro de usuarios con el nombre

“**usuario**”, una tabla para el registro de pacientes con el nombre “**registro**” y una tabla para los datos relacionados al tratamiento del paciente con el nombre “**control**”.

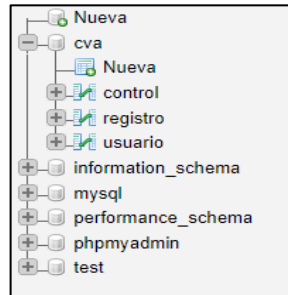


Figura 3.47: Base de datos y tablas
Elaborado por: El investigador.

En la tabla “usuario”, se encuentran tres campos: id, usuario y contraseña. Los valores registrados serán utilizados en una página web para el ingreso del usuario a visualizar los datos registrados de los pacientes.

		id	usuario	clave
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	1	Admin	Admin576
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	2	draerika	erika123

Figura 3.48: Tabla usuario.
Elaborado por: El investigador.

En la tabla “registro”, se almacenan los datos informativos del paciente. Consta de seis campos: id, nombre, raza, edad, estado y propietario.

		id	nombre	raza	edad	estado	propietario
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	1	LUCKY	FRENCH	17 MESES	GRADO B	CARLOS MOYA
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	2	PRINCESA	SHIH TZU	8 AÑOS	GRADO A	LISSETH GALARZA
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	3	NOHA	FRENCH	4 AÑOS	GRADO B	CECILIA GAMBOA
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	4	PIMIENTA	SCHNAUZER	6 AÑOS	GRADO A	GERMAN GORDON
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	5	LUNA	SCHNAUZAER	4 AÑOS	GRADO A	MARTHA GAMBOA

Figura 3.49: Tabla registro.
Elaborado por: El investigador.

En la tabla “control” se almacenan los datos relacionados al tratamiento como son: id, numdog, nivel, temperatura, velocidad, tiempo y fecha.

					id	numdog	nivel	temp	vel	tiempo	fecha
<input type="checkbox"/>					1	1	30	25	0	180	2020-4-06
<input type="checkbox"/>					2	1	20	25	0.125	150	2020-4-10
<input type="checkbox"/>					3	1	20	25	0.142	140	2020-4-13
<input type="checkbox"/>					4	1	10	25	0.142	140	2020-4-17
<input type="checkbox"/>					5	1	10	25	0.166	120	2020-4-20
<input type="checkbox"/>					6	2	30	25	0	150	2020-4-20
<input type="checkbox"/>					7	2	30	25	0	150	2020-4-20
<input type="checkbox"/>					8	1	5	25	0.166	110	2020-4-24
<input type="checkbox"/>					9	2	20	25	0.125	130	2020-4-24
<input type="checkbox"/>					10	3	20	25	0.125	150	2020-4-24
<input type="checkbox"/>					11	1	0	25	0.2	110	2020-4-27
<input type="checkbox"/>					12	2	20	25	0.125	150	2020-4-27
<input type="checkbox"/>					13	3	20	25	0.125	140	2020-4-27
<input type="checkbox"/>					14	1	0	25	0.25	100	2020-5-1
<input type="checkbox"/>					15	2	10	25	0.142	110	2020-5-1

Figura 3.50: Tabla control.
Elaborado por: El investigador.

La visualización web se encuentra dividida en cuatro secciones principales: página de ingreso o login, página principal, página de gráficas y página de tablas.

Ingreso.html

En esta página se ingresa el usuario y contraseña registrados en la base de datos; si ambos valores coinciden, se redirige hacia la página principal, caso contrario se mantiene en la misma página.

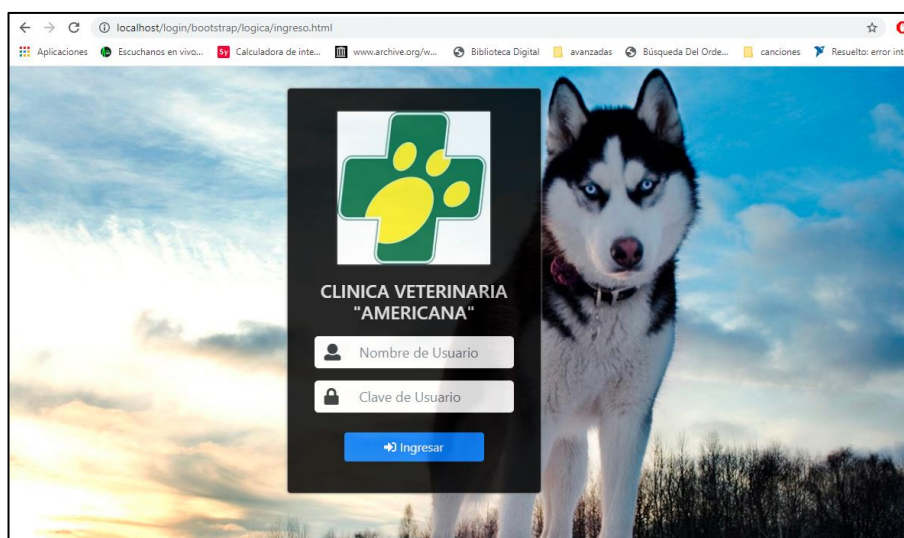


Figura 3.51: Ingreso.html.
Elaborado por: El investigador.

Index.php

En esta página se observa una barra lateral derecha con el nombre “Clínica Veterinaria Americana” y su logo, además de dos links para acceder a las páginas de visualización de gráficas y tablas. En la parte superior derecha se encuentra el nombre del usuario ingresado. Al dar click en el botón de usuario, se despliega la opción de cerrar sesión. En la sección central se visualizan imágenes del sistema.

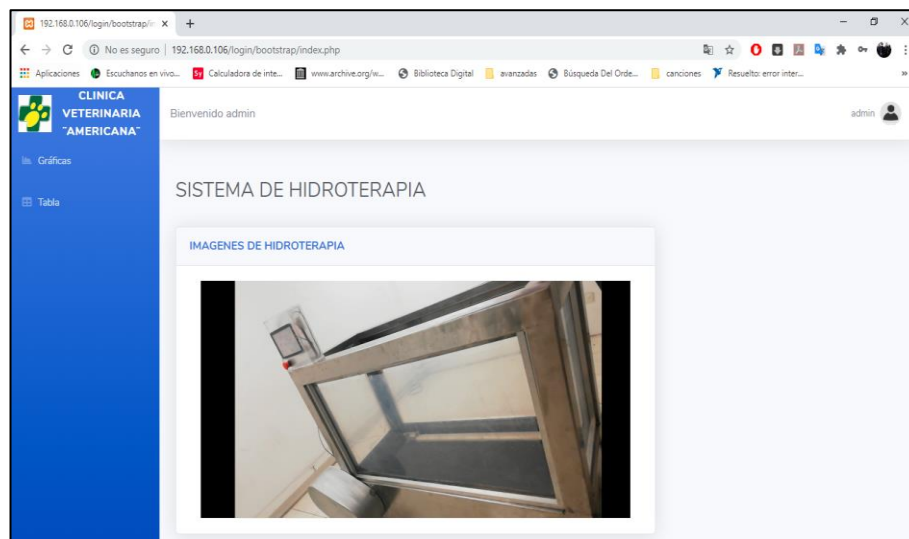


Figura 3.52: Index.php.
Elaborado por: El investigador.

Charts.php

En la sección superior de la página se encuentra un elemento “combobox”, en este se muestran los pacientes registrados. Al seleccionar un paciente y presionar “Leer”, se muestran los datos referentes a: nivel, temperatura, velocidad y tiempo de tratamiento del paciente. Cada uno de estos valores se muestra en una gráfica con fecha correspondiente. Al dar click en el botón de usuario, se despliega la opción de cerrar sesión.

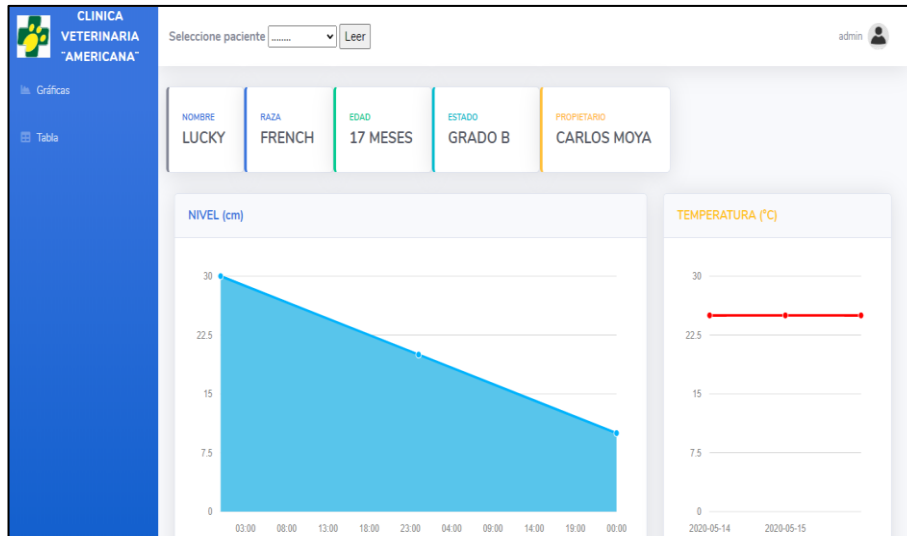


Figura 3.53: Charts.php.
Elaborado por: El investigador.

Tables.php

Al igual que en “charts.php”, en la sección superior de la página se encuentra un elemento “combobox”, en este se muestran los pacientes registrados. Al seleccionar un paciente y presionar el botón “leer”, se muestran los datos referentes a: nivel, temperatura, velocidad y tiempo de tratamiento del paciente. Cada uno de estos valores se muestra en una tabla con fecha correspondiente.

Tabla de información sobre tratamiento del paciente				
LUCKY				
NOMBRE	RAZA	EDAD	ESTADO	PROPIETARIO
LUCKY	FRENCH	17 MESES	GRADO B	CARLOS MOYA
NIVEL (cm)	TEMPERATURA (°C)	VELOCIDAD (m/s)	TIEMPO (s)	FECHA
30	25	0	180	2020-4-06
20	25	0.125	150	2020-4-10
20	25	0.142	140	2020-4-13
10	25	0.142	140	2020-4-17
10	25	0.166	120	2020-4-20

Figura 3.54: Tables.php.
Elaborado por: El investigador.

3.5. Análisis de resultados

Para comprobar el funcionamiento del sistema, se realizaron ocho sesiones de tratamiento con cinco canes. En la Tabla 3.14 se describen las características de los pacientes previo al tratamiento.

Tabla 3.14: Características de los pacientes previo a la hidroterapia.

Paciente	Nombre	Sexo	Raza	Edad (años)	Peso	Diagnóstico Clínico
1	Lucky	M	French Poodle	1.5	5 kg	Displasia Grado B ⁽²⁾
2	Princesa	H	Shih Tzu	8	9 kg	Displasia Grado A
3	Noha	H	French Poodle	3	7 kg	Displasia Grado B ^{(1) (3)}
4	Pimienta	H	Schnauzer	6	12 kg	Displasia Grado B ⁽²⁾⁽³⁾
5	Luna	H	Schnauzer	4	10 kg	Displasia Grado A

M: Macho

H: Hembra

(1) Grado variable de cojera de extremidades posteriores

(2) Intolerancia al ejercicio

(3) Dificultad para saltar

Elaborado por: El investigador.

En la Tabla 3.15 se describen los parámetros establecidos por sesión, realizados a los pacientes en cada tratamiento.

Tabla 3.15: Características de tratamiento de pacientes.

Paciente	Diagnóstico Clínico	Sesiones realizadas (n)	Series (n)	Nivel (cm)	Temperatura (°C)	Señal PWM	Velocidad (m/s)	Tiempo (s)	Fecha
1	Displasia Grado B	8	3	30	25	0	0	180	06/04/2020
			3	20	25	70	0,125	150	10/04/2020
			4	20	25	80	0,142	140	13/04/2020
			3	10	25	75	0,142	140	17/04/2020
			4	10	25	85	0,166	120	20/04/2020
			4	5	25	85	0,166	110	24/04/2020
			4	0	T.A.	80	0,2	110	27/04/2020
			5	0	T.A.	90	0,25	100	01/05/2020
2	Displasia Grado A	8	3	30	25	0	0	150	20/04/2020
			3	20	25	105	0,125	130	24/04/2020
			3	20	25	115	0,142	120	27/04/2020
			3	10	25	100	0,142	110	01/05/2020
			4	10	25	100	0,142	100	04/05/2020
			4	5	25	100	0,166	100	08/05/2020
			4	0	T.A.	95	0,166	100	11/05/2020
			4	0	T.A.	95	0,2	90	15/05/2020
3	Displasia Grado B	8	3	30	25	0	0	150	20/04/2020
			3	20	25	90	0,125	150	24/04/2020
			4	20	25	90	0,125	140	27/04/2020
			3	10	25	95	0,142	140	01/05/2020
			3	10	25	105	0,166	120	04/05/2020
			3	5	25	95	0,166	120	08/05/2020
			4	0	T.A.	100	0,2	110	11/05/2020
			4	0	T.A.	110	0,25	100	15/05/2020
4	Displasia Grado B	8	3	30	25	0	0	130	01/05/2020
			3	30	25	0	0	140	04/05/2020
			3	20	25	140	0,142	130	08/05/2020
			3	10	25	125	0,142	110	11/05/2020
			4	10	25	125	0,142	110	15/05/2020
			4	5	25	115	0,142	110	18/05/2020
			4	0	T.A.	110	0,142	100	22/05/2020
			5	0	T.A.	115	0,166	100	25/05/2020

5	Displasia Grado A	8	3	30	25	0	0	150	01/05/2020
			3	20	25	110	0,125	140	04/05/2020
			4	20	25	110	0,125	120	08/05/2020
			4	10	25	100	0,125	120	11/05/2020
			4	10	25	110	0,142	110	15/05/2020
			4	5	25	100	0,142	100	18/05/2020
			4	0	T.A.	100	0,166	100	22/05/2020
			4	0	T.A.	110	0,2	90	25/05/2020

T.A.: Temperatura Ambiente

Elaborado por: El investigador.

En el Anexo I se detalla la evolución de los pacientes al utilizar el sistema y su diagnóstico al finalizar el tratamiento.

En la Tabla 3.16 se muestra la relación entre la velocidad y la potencia utilizada por los equipos comerciales con el prototipo desarrollado.

Tabla 3.16: Relación Velocidad vs Potencia.

	Watts máx.	m/s min	m/s máx.
AquaPaws	12000	0,22	4,02
Oasis mini	11000	0,22	2,22
HP 200	4400	0,22	2,22
M.G.C. S	600	0,125	4,14

Elaborado por: El investigador.

El prototipo desarrollado denominado “Modern Glide Canine System” (M.G.C.S), permite desarrollar una velocidad mínima mucho menor en comparación con los equipos comerciales. Además, en comparación con los equipos disponibles en los mercados internacionales, requiere un factor de potencia 20 veces menor para alcanzar su velocidad máxima.

En la Figura 3.55 se observa de forma gráfica la relación entre la velocidad máxima y la potencia máxima de los equipos comerciales con respecto al prototipo desarrollado.

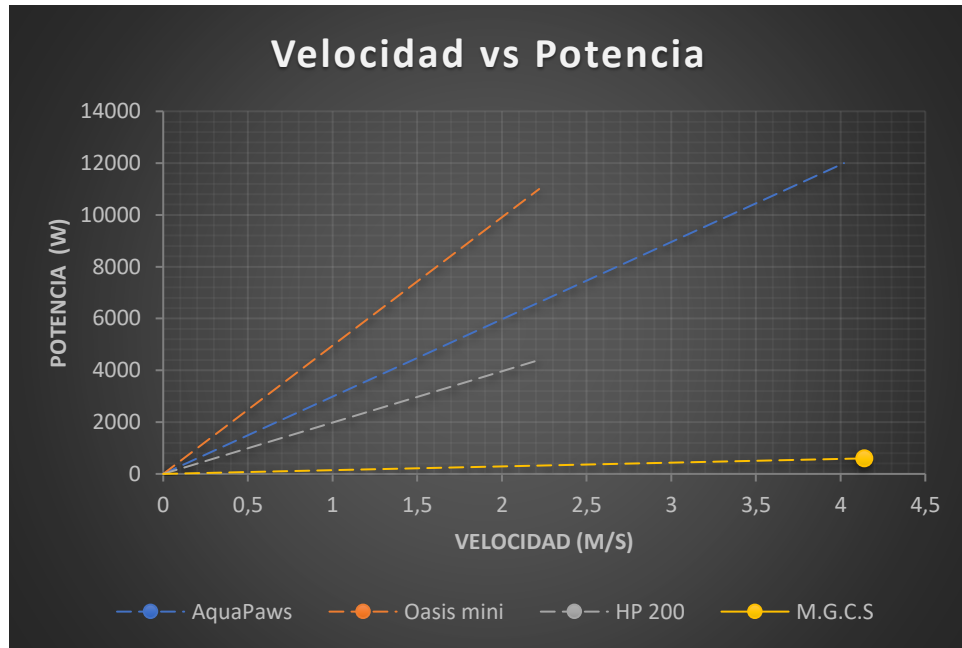


Figura 3.55: Relación Velocidad vs Potencia.
Elaborado por: El investigador.

En la Figura 3.56 se observa la comparación entre el costo de los equipos comerciales con respecto al prototipo desarrollado.

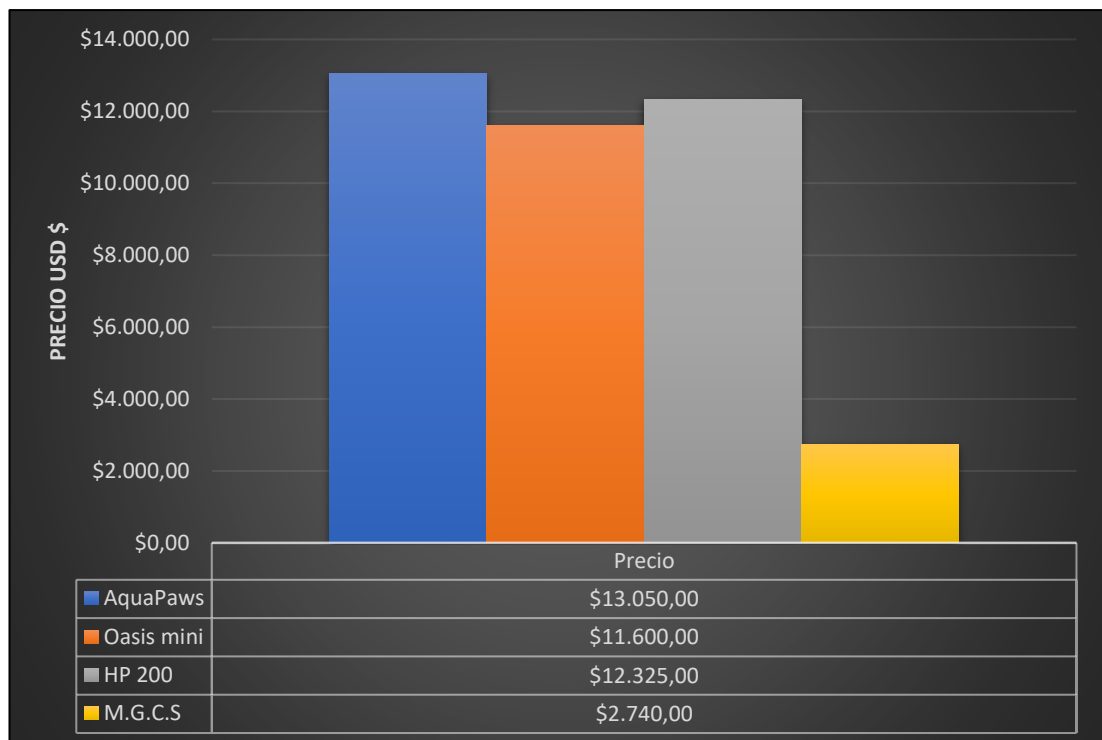


Figura 3.56: Costos equipos comerciales vs prototipo.
Elaborado por: El investigador.

El prototipo desarrollado presenta un costo 5 veces menor en comparación con los equipos comerciales. Debido a que estos no se encuentran disponibles en el mercado ecuatoriano y deben ser importados de diferentes países a nivel mundial.

3.6. Presupuesto

En la Tabla 3.17 se detallan los elementos y dispositivos utilizados en el desarrollo del sistema de hidroterapia.

Tabla 3.17: Presupuesto elementos y dispositivos.

Equipo	Unidades	Valor Unitario	Valor Total
Estructura de acero inoxidable	1	\$500,00	\$500,00
Lamina de Acrílico transparente	1	\$150,00	\$150,00
Caminadora	1	\$60,00	\$60,00
Sensor Ultrasónico HC-SR04.	1	\$4,00	\$4,00
Sensor de temperatura DS18B20	1	\$6,00	\$6,00
Encoder	1	\$4,00	\$4,00
Tarjeta Electrónica Arduino Uno	1	\$10,00	\$10,00
Placa electrónica de control	1	\$10,00	\$10,00
Placa electrónica para sensores	1	\$4,00	\$4,00
Electroválvulas	1	\$15,00	\$15,00
Bomba	1	\$20,00	\$20,00
Motor DC	1	\$90,00	\$90,00
Driver de motor	1	\$35,00	\$35,00
Conjunto mecánico	1	\$20,00	\$20,00
Fuente 24V 480W	1	\$60,00	\$60,00
Placa electrónica Step up	1	\$40,00	\$40,00
Raspberry Pi 3B	1	\$60,00	\$60,00
Fuente Raspberry	1	\$3,00	\$3,00
Case acrílico Raspberry	1	\$15,00	\$15,00
Case acrílico tarjetas control	1	\$15,00	\$15,00
Accesorios electrónicos	1	\$19,00	\$19,00
Total			\$1.140,00

Elaborado por: El investigador.

El costo por el diseño del prototipo se lo obtiene según la Ecuación 19

$$\text{Costo diseño (\$)} = \#H.T.* P.H \quad \text{Ecuacion 19}$$

Donde:

#H. T. = Número de horas trabajadas.

P. H = Valor hora de trabajo (\$2,5).

El número de horas trabajas se consideró 8 horas diarias de trabajo, 5 días en la semana por 4 semanas durante 4 meses. Teniendo un total de 640 horas.

$$\text{Costo diseño (\$)} = (640) * \$2,5$$

$$\text{Costo diseño (\$)} = \$1600.$$

El costo total del prototipo se describe en la Tabla 3.18. El total financiamiento del proyecto fue cubierto por el investigador.

Tabla 3.18: Presupuesto empleado en el prototipo.

Detalle	Unidades	Valor Unitario	Valor Total
Costo total de dispositivos y elementos.	1	\$1140,00	\$1.140,00
Costo total de diseño	1	\$1600,00	\$1.600,00
Total			\$2.740,00

CAPITULO IV.- CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

- El prototipo desarrollado funcionó correctamente y fue útil como método de rehabilitación en el tratamiento de displasia coxofemoral en perros de raza pequeña; sin embargo, la hidroterapia es un tipo de tratamiento complementario en esta enfermedad, mas no una cura para la misma. Los pacientes presentaron una mejoría en el movimiento de las articulaciones afectadas; no obstante, se debe complementar la rehabilitación utilizando procedimientos fisiátricos acordes a la condición del paciente.
- El uso de acero inoxidable para la elaboración de la estructura brindó firmeza al prototipo. Además, ayudó a mantener la temperatura del agua durante el tiempo de tratamiento. Para la selección del motor del sistema se determinó la masa máxima a soportar de 14 kg, la velocidad máxima de desplazamiento del can en 0,3 m/s, la fuerza de rozamiento de 0,098N y la presión hidrostática de 2940N. Estos parámetros permitieron conocer el torque necesario del motor para el correcto funcionamiento del equipo, siendo de 66,54 kg*cm.
- La utilización de hardware y software libre en el desarrollo del prototipo de sistema electrónico de hidroterapia permitió tener un óptimo rendimiento en la ejecución del sistema SCADA, desarrollado en el software MyOpenLab, para la lectura y ejecución de acciones. La principal ventaja se encuentra en su licencia gratuita, lo que permitió reducir costos en el diseño del sistema sin disminuir su funcionalidad.
- Las características y funcionalidades que brindan un computador de placa reducida permitieron la instalación de un servidor LAMP (Linux, Apache,

MySQL, PHP) para el desarrollo de una plataforma de monitoreo de rehabilitación canina. A la cual se puede acceder desde cualquier dispositivo dentro de la red de área local; siempre y cuando se ingrese a la misma utilizando el usuario y contraseña registrados en la base de datos del sistema. La principal ventaja radica en el uso de páginas web para la visualización de la información; esto facilitó la navegación y no requiere instalar programas complementarios.

Referencias Bibliográficas

- [1] M. Drum, D. Marcellin y M. Davis, «Principles and Applications of Therapeutic Exercises for Small Animals,» *Elsevier*, vol. 6, n° 7, pp. 73-90, 2015.
- [2] F. Barnicoat y A. Wills, «Effect of water depth on limb kinematics of the domestic dog (*Canis lupus familiaris*) during underwater treadmill exercis,» *Wageningen Academic Publishers*, vol. 12, n° 4, pp. 199-207, 2016.
- [3] S. Wild, «Canine cranial cruciate ligament damage and the use of hydrotherapy as a rehabilitation tool,» *Veterinary Nursing Journal*, vol. 32, n° 8, pp. 228-234, 2017.
- [4] G. Pereira da Silva, S. A. Machado de Oliveira y N. L. Jansen Melo, «O USO DA FISIOTERAPIA COMO MÉTODO AUXILIAR NO TRATAMENTO DA DISPLASIA COXOFEMORAL.,» *ICESP*, vol. 7, n° 14, pp. 1485-1492, 2018.
- [5] C. P. Rivadeneira Macías, «Incidencia de displasia de cadera en perros que asisten a la consulta de la clinica veterinaria DR. PET, diagnosticados mediante radiografia,» Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2016.
- [6] A. Muñoz y V. Santa, «Displasia de cadera en caninos, factores, diagnóstico y tratamientos,» Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2018.
- [7] R. Espinoza, «Nutro,» *Nutro*, 12 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.nutro.es/expertos/articulos-de-perros/cuidados-basicos-de-un-perro/displasia-cadera-perros>. [Último acceso: 11 Septiembre 2019].
- [8] D. Salgado, «Importacion de Equipos Médicos de Diagnostico no Invasivo desde China,» UDLA, Quito URI : <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5679>, 2016.
- [9] S. Mendes, I. Coutinho y P. Rebelo, «Hidroterapia Canina,» *Revista portuguesa de ciencias veterinárias*, vol. 3, n° 11, pp. 160-164, 2015.
- [10] M. Narváez, «Evaluacion de les efectos Raza, Peso y Edad en el tiempo de recuperacion en esterilizaciones de caninos,» Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2016.
- [11] «Petyzoo,» *PetyZoo*, 23 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://petyzoo.com/razas-de-perros/>. [Último acceso: 7 Diciembre 2019].

- [12] C. Sánchez, Perros Crianza, Razas y Entrenamiento, Lima: EDICIONES RIPALME, 2003.
- [13] P. Rivadeneira, «Universomascotas,» 17 Enero 2016. [En línea]. Available: <https://www.universomascotas.co/blog-de-mascotas/perro/nutricion/tabla-de-pesos-ideales-para-perros-segun-razas/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2019].
- [14] H. Carvajal, «neostuff,» NeoStuff, 21 Mayo 2016. [En línea]. Available: <https://www.neostuff.net/ventajas-y-desventajas-de-un-perro-pequeno-o-uno-grande/>. [Último acceso: 7 Diciembre 2019].
- [15] J. Houlton, J. Cook y J. y. L.-H. S. Innes, Manual de Alteraciones Musculoesqueléticas en pequeños animales, Barcelona: Ediciones, 2014, pp. 418-433.
- [16] M. Flückiger, «Scoring radiographs for canine Hip Dysplasia - The big three organisations in the world,» *Open Journal of Veterinary Medicine*, vol. 4, nº 5, pp. 135-140, 2007.
- [17] M. Ruiz, Indicaciones de rehabilitación y fisioterapia según las lesiones, Ciudad Autónoma de Buenos Aires: GALT S.A., 2011, pp. 72-78.
- [18] T. Hutchinson y K. Robinson, «Cojera,» de *Manual de Medicina Canina*, Barcelona, EDICIONES, 2016, p. 269.
- [19] F. Minguell, Manual de Fisioterapia en pequeños animales, Barcelona: Multimédica Ediciones Veterinarias, 2014.
- [20] S. Lindley y P. Watson, Manual de rehabilitación y cuidados paliativos en pequeños animales, Barcelona: EDICIONES, 2015.
- [21] M. Pérez, «studylib,» [En línea]. Available: <https://studylib.es/doc/5257657/t%C3%A9cnicas-de-rehabilitaci%C3%B3n-f%C3%ADsica--hidroterapia>. [Último acceso: 10 Diciembre 2019].
- [22] P. Lewis y C. Yang, Sistemas de control en ingeniería, Madris: PRENTICE HALL, 1999.
- [23] A. Roca, Control de procesos, México: ALFAOMEGA, 2002.
- [24] R. Hernández, Introducción a los sistemas de control: Conceptos, aplicaciones y simulación con MATLAB, México: PEARSON EDUCACIÓN, 2010.
- [25] E. Mandado y e. al, Autómatas Programables y Sistemas de Automatización, Barcelona: MARCOMBO S.A., 2009.
- [26] A. Creus, Instrumentación Industrial, México: Alfaomega, 2011.

- [27] W. Bolton, *Mecatrónica Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Un enfoque Multidisciplinario*, México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, 2013.
- [28] F. Reyes, J. Cid y E. Vargas, *Mecatrónica Control y automatización*, México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, 2013.
- [29] «dademuch,» 26 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://dademuch.com/2018/04/26/driver-de-motor-dc-electronica-de-potencia/>. [Último acceso: 28 Marzo 2020].
- [30] A. Rodríguez, *Sistemas SCADA*, México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, 2013.
- [31] J. I. Escudero y J. Luque, *Telecontrol de Redes Eléctricas*, Sevilla, 1994.
- [32] I. Herreros, J. Nolla y X. Muñoz, «Tecnología Wifi,» de *Manual de Derecho de las Telecomunicaciones*, Madrid, LegalLink, 2006, pp. 202-210.
- [33] «uytec,» Wordpress, 5 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://uytec.wordpress.com/2017/07/05/introduccion-a-las-sbc-computadoras-de-placa-reducida/>. [Último acceso: 6 Noviembre 2019].
- [34] Ó. Torrente, «Hardware Arduino,» de *Arduino Curso Práctico de formación*, Ciudad de México, Alfaomega, 2013, pp. 61 - 127.
- [35] J. Guerrero, «pluselectric,» 21 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://pluselectric.wordpress.com/2014/09/21/arduino-uno-especificaciones-y-caracteristicas/>. [Último acceso: 1 Marzo 2020].
- [36] Y. Areiza, Y. Garzón y O. Charry, «Generalidades,» de *Raspberry Pi B+ Revisión técnica: Guía de usuario y programación*, Madrid, Maternob, 2016, pp. 16 - 50.
- [37] «raspberrishop,» 8 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.raspberrishop.es/raspberry-pi-3.php>. [Último acceso: 1 Marzo 2020].
- [38] J. M. Ruiz Gutiérrez, «cursoarduino,» 13 Noviembre 2011. [En línea]. Available: <http://cursoarduino.disca.upv.es/archive/recursos/Myopenlab.y.Arduino.Jose.Manuel.Ruiz.Gutierrez.2011.pdf>. [Último acceso: 24 Febrero 2020].
- [39] «Zamosa,» 12 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://www.zamosa.com.mx/productos/equipo-rehabilitacion/hidroterapia>. [Último acceso: 28 Septiembre 2019].

- [40] «H2O for Fitness,» 18 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://h2oforfitness.com/canine-treadmill.html>. [Último acceso: 28 Septiembre 2019].
- [41] «Hydro Physio,» 20 Abril 2018. [En línea]. Available: https://pdf.medicalexpo.com/pdf/hydro-physio/canine-underwater-hydrotherapy-treadmills/68793-184823-_6.html. [Último acceso: 29 Septiembre 2019].
- [42] «naylampmechatronics,» 10 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>. [Último acceso: 28 Marzo 2020].
- [43] «proyectoarduino,» 15 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://proyectoarduino.com/sensor-de-temperatura/>. [Último acceso: 28 Marzo 2020].
- [44] «cdmxelectronica,» 19 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www.cdmxelectronica.com/producto/modulo-ky-040-sensor-encoder-rotativo/>. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [45] [En línea]. Available: <https://afel.cl/producto/sensor-encoder-velocidad-optica/?v=2e6507f70a9c>. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [46] [En línea]. Available: <https://www.bytheway.com.co/encoders/148-kit-encoder-medidor-de-velocidad-optico-hc-020k-para-arduino.html>. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [47] «olimex,» 24 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.olimex.com/Products/Duino/PIC32/PIC32-PINGUINO-MICRO/resources/PIC32-PINGUINO-MICRO-Revision-A.pdf>. [Último acceso: 3 Abril 2020].
- [48] «wiring,» 27 Marzo 2017. [En línea]. Available: <http://wiring.org.co/hardware/es/>. [Último acceso: 3 Abril 2020].
- [49] «mecatronicauaslp,» 7 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://mecatronicauaslp.wordpress.com/pcduino-1-introduccion/>. [Último acceso: 3 Abril 2020].
- [50] «redeszone,» 24 Enero 2015. [En línea]. Available: <https://www.redeszone.net/2015/01/24/beaglebone-black-un-duro-competidor-para-raspberry-pi/>. [Último acceso: 3 Abril 2020].
- [51] «iono,» 22 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/un-vistazo-a-proyectos-basados-en-raspberry-pi/>. [Último acceso: 3 Abril 2020].

- [52] R. Serway y J. Jewett, Física para ciencias e ingeniería, Ciudad de México: Cengage Learning, 2008.
- [53] «Presion-ejercida-por-un-liquido,» Google, 17 Agosto 2015. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/lapresion4e/home/presion-ejercida-por-un-liquido>. [Último acceso: 26 Mayo 2020].
- [54] «khanacademy,» 11 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://es.khanacademy.org/science/physics/fluids/density-and-pressure/a/pressure-article>. [Último acceso: 26 Junio 2020].
- [55] «Knowledge.autodesk,» Autodesk, 12 Septiembre 206. [En línea]. Available: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/ESP/Inventor/files/GUID-42FECEEA-1F24-4470-AA60-5C358AA88A86-htm.html>. [Último acceso: 26 Junio 2020].
- [56] «lucidar.me,» 12 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://lucidar.me/en/unit-converter/convert-torque-in-n-m-to-kg-cm/>. [Último acceso: 12 Febrero 2020].
- [57] C. Ruiz, «Webnode.,» 11 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://files.cesarruiz.webnode.com.co/2000000096-aa626ac2cd/TransmisionPorEngranajes.pdf>. [Último acceso: 18 Mayo 2020].
- [58] «ebay,» 18 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://www.ebay.com/itm/174123648105>. [Último acceso: 29 Marzo 2020].
- [59] «amazon,» [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/-/es/driver-velocidad-ajustable-regulador-variable/dp/B01H29TLLA>. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [60] «electronicainsurgentes,» [En línea]. Available: <https://www.electronicainsurgentes.com/motores-y-servos/1173-modulo-1293n-driver-puente-h.html>. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [61] «mtlab.pe,» [En línea]. Available: <https://mtlab.pe/store/modulo-driver-puente-h-bts7960-para-controlar-2-motor-dc-de-alta-potencia-hasta-42a-y-de-5-a-27v/>. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [62] «Amazon,» 19 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.amazon.es/V%C3%A1lvula-entrada-duradera-WH13X10024-repuesto/dp/B07CT8YRQ6>. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [63] «es.aliexpress,» 23 Enero 2018. [En línea]. Available: https://es.aliexpress.com/item/1898491836.html?aff_platform=api&sk=_d8xmON8&aff_trace_key=6abb0cb2a6d245d5957ab3902fed5345-1585858787959-09757-

_d8xmON8&terminal_id=85fe3feb15df4eda9b0b9aa843b83030&aff_platfor
m=api&sk=_d8xmON8&aff_trace_key=6abb0cb2a6d245d. [Último acceso: 2
Abril 2020].

- [64] «coldfire,» 13 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://coldfire-electronica.com/esp/item/165/electrovalvula-de-plastico-12v-12>. [Último acceso: 27 Mayo 2020].
- [65] «Zonahogar,» 17 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.zonahogar.es/cuanta-agua-debe-salir-por-el-grifo-del-fregadero/>. [Último acceso: 17 Junio 2020].
- [66] «ebay.es,» [En línea]. Available: <https://www.ebay.es/itm/Bomba-de-Desague-30W-Original-Bosch-00145787-Lavadora-Balay-Constructa-Perfil-123936677716>. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [67] [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-425138116-micro-bomba-de-agua-robotica-arduino-compatible-eadictos-_JM?quantity=1#position=1&type=item&tracking_id=6a74f8bb-4ae2-4443-8121-117236bcc9ff. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [68] [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-424532534-mini-bomba-de-agua-sumergible12v-240lh-arduino-acuario-_JM?quantity=1#position=5&type=item&tracking_id=37ca5829-dce0-496b-9337-ed8cb085c8af. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [69] «cdmxelectronica,» 16 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.cdmxelectronica.com/producto/elevador-de-voltaje-step-up-1200w-20a/>. [Último acceso: 28 Mayo 2020].
- [70] «myopenlab,» 18 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://myopenlab.wixsite.com/myopenlab>. [Último acceso: 3 Abril 2020].
- [71] «Mathworks,» [En línea]. Available: https://es.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/product-description.html?lang=en. [Último acceso: 3 Abril 2020].
- [72] «sidac,» 27 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://sidac.cl/wp/2018/06/27/que-es-labview/>. [Último acceso: 3 Abril 2020].

Anexos

Anexo A: Catálogos Equipos Comerciales

Hudson Aquatic Systems “AquaPaws Plus”

AQUAPAWS+

by HUDSON Aquatic Systems

UNDERWATER TREADMILL SYSTEM FOR CANINES AND SMALL ANIMALS



Low-Impact, High-Resistance

The AquaPawsPlus underwater treadmill system is designed using the natural properties of water (buoyancy, resistance, and heat). The AquaPawsPlus is a tool that can improve lives of animals who require rehabilitation, suffer from obesity or have arthritis.


UNLOCK THE POWER OF AQUATICS

QUICK FACTS	
Overall Length	98" (248.9 cm)
Overall Width	44" (111.8 cm)
Overall Height	44.5" (113 cm)
Treadmill Speed	0.3-9 mph (0.5-14.5 kph)
UL Approved Electricals	

EXERCISE CHAMBER	
Inside Length	77.5" (196.9 cm)
Inside Width	32" (81.3 cm)
Inside Height	34" (86.4 cm)
Water Depth	0-27" (0-68.6 cm)
Fill / Drain Time	Approximately 3-4 Minutes
Running Surface Length	63.5" (161.3 cm)
Running Surface Width	21.5" (54.6 cm)
Door Opening	26.5" (67.3 cm)
Weight	Empty: 1100 lbs (499 kg) Full: 2915 lbs (1322 kg)

WATER STORAGE TANK	
Length	66" (167.6 cm)
Width	29" (73.7 cm)
Height	69" (175.3 cm)
Weight	Empty: 200 lbs (91 kg) Full: 3534 lbs (1603 kg)

ELECTRICAL	
208-240 VAC 1 Phase 60 Hz 50 Amp Service	



The American-made AquaPawsPlus create a low-impact treadmill workout to help athletic and show dogs increase muscle strength, tone and endurance without the damaging effects of land-based exercise.

The AquaPawsPlus system employs a newly designed touch-screen panel that is full of innovative features. You can program up to 500 treatments. The AquaPaws plus also includes an energy saving mode as well as an auto-clean system, where the unit cleans itself under the treadmill belt.

FINANCING AVAILABLE


INSTALLATION AND 1 YEAR WARRANTY INCLUDED

ON-SITE SERVICE TRAINING INCLUDED

24/7 SERVICE SUPPORT

ASK OUR WATER QUALITY ASSISTANCE

SERVICE PLANS AVAILABLE

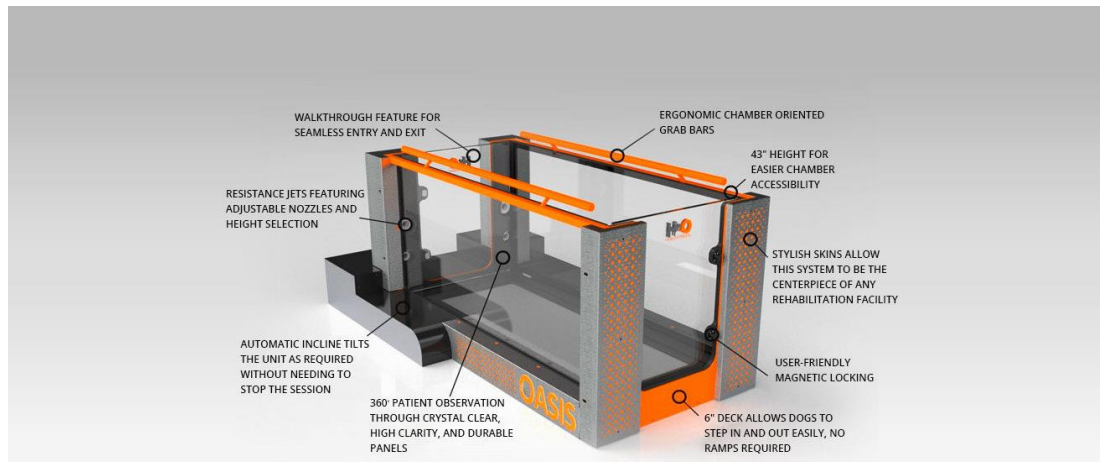


YOUR PARTNER IN AQUATICS



1100 Webster St., Appleton, IN • 988-206-7800

H2O for Fitness “Oasis mini”



OASIS MINI

With a compact, sleek design, the Oasis Mini is an affordable yet functional hydrotherapy treadmill, taking up only 40% of the space of our larger models, while retaining nearly all the features.

BENEFITS

- The most affordable underwater treadmill on the market
- 100% Made in the USA
- Customer service is just a phone call away
- Easy lift treadmill makes cleaning effortless and efficient
- User-friendly design and function
- Programmable heater with energy saver mode
- Treadmill belt runs in both, forward and reverse directions

FEATURES

- Walk-through design
- 360-degree viewing
- Light-weight, stowable ramps
- Magnetic door latches
- Requires 40% less floor space compared to full-sized model
- Priced around 40% less than our full-sized models
- Plug and play – no special installation required
- Comes with 3-year warranty
- Speed from 0.5 mph to 5 mph in 0.1 mph increments

PRODUCT SPECIFICATIONS

- **ELECTRICAL REQUIREMENTS:** 220V AC, 60 Hz, 50 Amps, single phase
- **TREADMILL CHAMBER CAPACITY:** Holds 380 gallons; Weighs approximately 3,400 lb. when filled to capacity
- **TREADMILL CHAMBER SPECIFICATIONS (INSIDE):** Length: 78" Width: 32" Height: 32" from treadmill belt Belt surface area for exercising: 65" long by 20" wide
- **STORAGE TANK INFORMATION:** Length: 66" Width: 29" Height: 65 Holds 400 gallons of water
- **PLUMBING REQUIREMENTS:** Cold water inlet and a floor drain no less than 2 inches
- **DRIVE MOTOR:** 2 HP variable speed, AC

Hydro Physio “Hp 200”

HP Series Specifications...

Services

Power supply:
(Europe) 220-240VAC 13Amp 50Hz single phase
(USA) 220VAC 20Amp 60Hz single phase

Water requirements: Cold water feed and drainage point

Performance

Maximum water depth 600mm 24”

Speed Range: 0-5mph

Sizes

Operator panel dimensions:
L 400 x W 300 x H 120mm
L 16” x W 12” x H 5”

Treadmill:
HP200
L1800 x W 730 x H 1260mm
L 71” x W 29” x H 50”
1000lts 330kg 264US gals 727lb
Length inc Ramps: 2700mm 106”

HP300
L2100 x W 730 x H 1260mm
L 83” x W 29” x H 50”
1160lts 380kg 306US gals 838lb
Length inc Ramps: 3000mm 118”

HP 200 Plant Pack Dimensions:
L 860 x W 700 x H 1745 mm
L 34” x W 28” x H 69”

Storage Tank Dimensions:
L 1905 x W 720 x H 1400mm
L 75” x W29” x H55”



Anexo B: Construcción Estructura metálica



Figura B.1: Soldadura pilares.
Elaborado por: El investigador.



Figura B.2: Colocación caminadora y eje motriz.
Elaborado por: El investigador.



Figura B.3: Colocación motor y conjunto mecánico.
Elaborado por: El investigador.

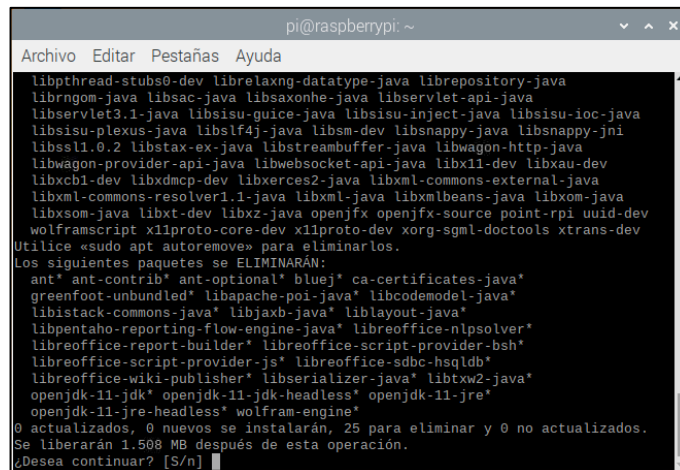


Figura B.4: Colocación acrílico transparente.
Elaborado por: El investigador.

Anexo C: Instalación MyOpenLab

El software MyOpenLab requiere la versión openjdk “1.8.0_212” de Java para su correcto funcionamiento. Por defecto, el sistema operativo Raspbian, no cuenta con una versión jdk de Java; para lo cual, se procedió con su instalación. El proceso inicia con la desinstalación de cualquier versión anterior existente en el sistema; por lo cual se desinstaló todo registro relacionado con Java utilizando la siguiente línea de comando.

```
sudo apt-get purge openjdk
```



```
pi@raspberrypi: ~  
Archivo Editar Pestañas Ayuda  
libpthread-stubs0-dev librelaxng-datatype-java librepository-java  
librngom-java libsac-java libsaxonhe-java libservlet-api-java  
libservlet3.1-java libsisu-guice-java libsisu-inject-java libsisu-ioc-java  
libsisu-plexus-java libslf4j-java libsm-dev libsnappy-java libsnappy-jni  
libssl1.0.2 libstax-ex-java libstreambuffer-java libwagon-http-java  
libwagon-provider-api-java libwebsocket-api-java libx11-dev libxau-dev  
libxcb1-dev libxdmcp-dev libxerces2-java libxml-commons-external-java  
libxml-commons-resolver1.1-java libxml-java libxmlbeans-java libxom-java  
libxom-java libxt-dev libxz-java openjfx openjfx-source point-rpi uuid-dev  
wolframscript x11proto-core-dev x11proto-dev xorg-sgml-doctools xtrans-dev  
Utilice «sudo apt autoremove» para eliminarlos.  
Los siguientes paquetes se ELIMINARÁN:  
ant* ant-contrib* ant-optional* bluej* ca-certificates-java*  
greenfoot-unbundled* libapache-poi-java* libcodemodel-java*  
libstack-commons-java* libjaxb-java* liblayout-java*  
libpentaho-reporting-flow-engine-java* libreoffice-nlpsolver*  
libreoffice-report-builder* libreoffice-script-provider-bsh*  
libreoffice-script-provider-js* libreoffice-sdbc-hsqldb*  
libreoffice-wiki-publisher* libserializer-java* libtxw2-java*  
openjdk-11-jdk* openjdk-11-jdk-headless* openjdk-11-jre*  
openjdk-11-jre-headless* wolfram-engine*  
0 actualizados, 0 nuevos se instalarán, 25 para eliminar y 0 no actualizados.  
Se liberarán 1.508 MB después de esta operación.  
¿Desea continuar? [S/n]
```

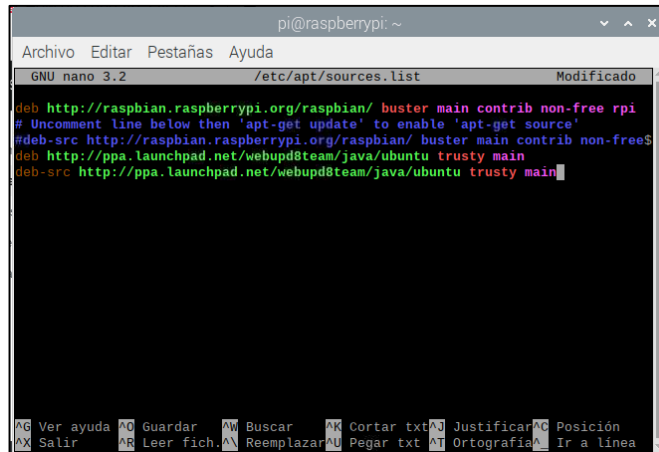
Figura C.1: Desinstalación Java.
Elaborado por: El investigador.

Una vez finalizada la desinstalación, se agrega los repositorios para la descarga de los ficheros de openjdk. Para ello, se ingresó en el archivo “sources.list” utilizando el siguiente comando:

```
sudo nano /etc/apt/sources.list
```

Una vez ingresado en el archivo se agregó los siguientes repositorios:

```
deb http://ppa.launchpad.net/webupd8team/java/ubuntu trusty main  
deb-src http://ppa.launchpad.net/webupd8team/java/ubuntu trusty main
```

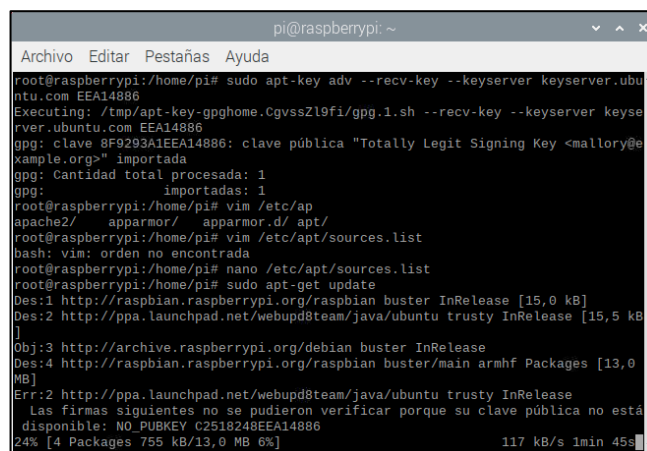



```
pi@raspberrypi: ~
Archivo Editar Pestañas Ayuda
GNU nano 3.2 /etc/apt/sources.list Modificado
deb http://rasbian.raspberrypi.org/raspbian/ buster main contrib non-free rpi
# Uncomment line below then 'apt-get update' to enable 'apt-get source'
#deb-src http://rasbian.raspberrypi.org/raspbian/ buster main contrib non-free$
deb http://ppa.launchpad.net/webupd8team/java/ubuntu trusty main
deb-src http://ppa.launchpad.net/webupd8team/java/ubuntu trusty main
AG Ver ayuda  AO Guardar  AW Buscar  AK Cortar txt  AJ Justificar  AC Posición
AX Salir  AR Leer fich.  AN Reemplazar  AU Pegar txt  AT Ortografía  AL Ir a línea
```

Figura C.2: archivo sources.list.
Elaborado por: El investigador.

Se guarda los cambios y sale del archivo. Posteriormente, se actualiza el sistema, para lo cual se utiliza el comando:

sudo apt-get update



```
pi@raspberrypi: ~
Archivo Editar Pestañas Ayuda
root@raspberrypi:/home/pi# sudo apt-key adv --recv-key --keyserver keyserver.ubuntu.com EEA14886
Executing: /tmp/apt-key-gpghome.CgvssZl9fi/gpg.1.sh --recv-key --keyserver keyserver.ubuntu.com EEA14886
gpg: clave 8F9293A1EEA14886: clave pública "Totally Legit Signing Key <mallory@example.org>" importada
gpg: Cantidad total procesada: 1
gpg: importadas: 1
root@raspberrypi:/home/pi# vim /etc/ap
apache2/ apparmor/ apparmor.d/ apt/
root@raspberrypi:/home/pi# vim /etc/ap
root@raspberrypi:/home/pi# nano /etc/ap
root@raspberrypi:/home/pi# sudo apt-get update
Des:1 http://rasbian.raspberrypi.org/raspbian buster InRelease [15,0 kB]
Des:2 http://ppa.launchpad.net/webupd8team/java/ubuntu trusty InRelease [15,5 kB]
Obj:3 http://archive.raspberrypi.org/debian buster InRelease
Des:4 http://rasbian.raspberrypi.org/raspbian buster/main armhf Packages [13,0 MB]
Err:2 http://ppa.launchpad.net/webupd8team/java/ubuntu trusty InRelease
Las firmas siguientes no se pudieron verificar porque su clave pública no está disponible: NO_PUBKEY C2518248EEA14886
24% [4 Packages 755 kB/13.0 MB 6%] 117 kB/s 1min 45s
```

Figura C.3: Update Raspbian.
Elaborado por: El investigador.

Una vez actualizado, se procede a instalar openjdk con el comando:

sudo apt-get install openjdk-8-jdk

```
pi@raspberrypi: ~
Archivo Editar Pestañas Ayuda
librelaxng-datatype-java librepository-java librngom-java librsac-java
libsaxonhe-java libservlet-api-java libservlet3.1-java libsisu-guice-java
libsisu-inject-java libsisu-ioc-java libsisu-plexus-java libslf4j-java
libsnappy-java libsnappy-jni libssl1.0.2 libstax-ex-java
libstreambuffer-java libwagon-http-java libwagon-provider-api-java
libwebsocket-api-java libxerces2-java libxml-commons-external-java
libxml-commons-resolver1.1-java libxml-java libxmlbeans-java libxom-java
libxslt-java libxz-java openjfx openjfx-source point-rpi uuid-dev
wolframscript
Utilice «sudo apt autoremove» para eliminarlos.
Se instalarán los siguientes paquetes adicionales:
ca-certificates-java openjdk-8-jdk-headless openjdk-8-jre
openjdk-8-jre-headless
Paquetes sugeridos:
openjdk-8-demo openjdk-8-source visualvm icedtea-8-plugin
fonts-ipafont-gothic fonts-ipafont-mincho fonts-wqy-microhei
fonts-wqy-zenhei fonts-indic
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
ca-certificates-java openjdk-8-jdk openjdk-8-jdk-headless openjdk-8-jre
openjdk-8-jre-headless
0 actualizados, 5 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y 2 no actualizados.
Se necesita descargar 32,2 MB de archivos.
Se utilizarán 130 MB de espacio de disco adicional después de esta operación.
¿Desea continuar? [S/n]
```

Figura C.4: Instalación jdk.
Elaborado por: El investigador.

Una vez finalizada la instalación, se verifica la misma utilizando el comando:

java -version

```
pi@raspberrypi: ~
Archivo Editar Pestañas Ayuda
root@raspberrypi:/home/pi# java -version
openjdk version "1.8.0_212"
OpenJDK Runtime Environment (build 1.8.0_212-8u212-b01-1+rpi1-b01)
OpenJDK Client VM (build 25.212-b01, mixed mode)
root@raspberrypi:/home/pi#
```

Figura C. 5: java -version.
Elaborado por: El investigador.

Finalizada la instalación de openjdk, se descargó el programa “MyOpenLab”, el cual se encuentra disponible desde su página oficial:

<https://myopenlab.org/descargar-myopenlab/>

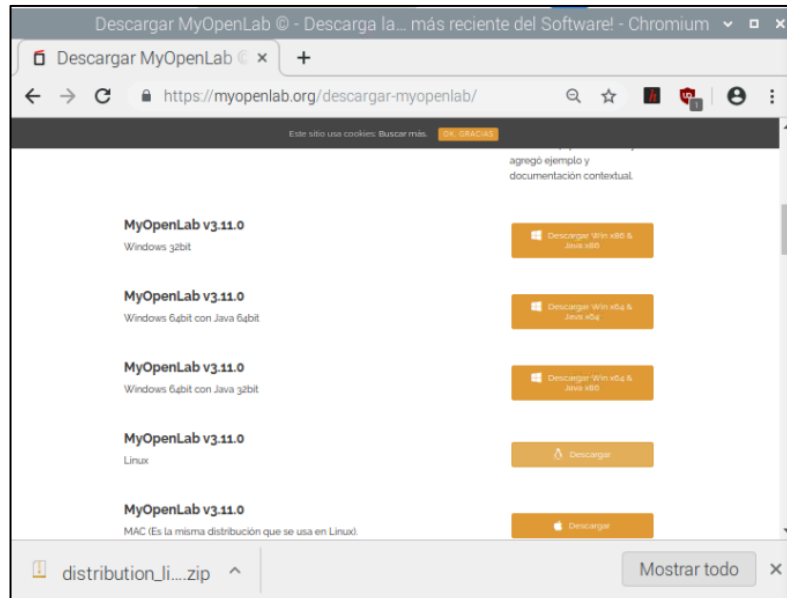


Figura C.6: Pagina MyOpenLab.
 Elaborado por: El investigador.

Se descargó la version más actualizada: “MyOpenLab v3.12.0”. Todo el programa se descarga en un archivo “.zip”, por lo cual se debe descomprimir. En los elementos de la carpeta, se encuentra el ejecutable con el nombre: “start_linux_mac”

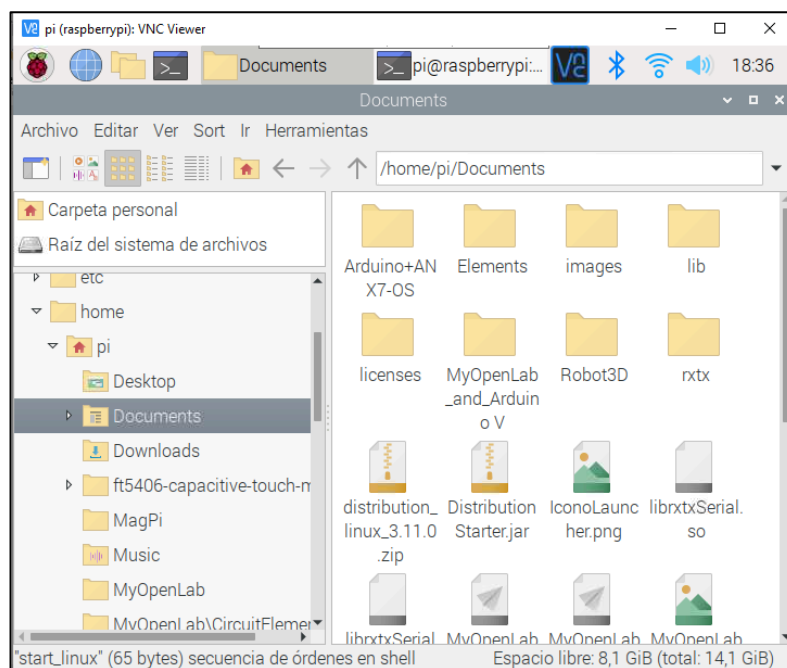


Figura C.7: Archivos MyOpenLab.
 Elaborado por: El investigador.

El archivo ejecutable requiere permisos para su ejecución, para lo cual se asignan los mismos con un click derecho y seleccionando la opción "Propiedades del archivo". Se abre una ventana, en la pestaña "Permisos", se cambia la configuración en la sección "Control de acceso" en cada uno de sus ítems por "Cualquiera".

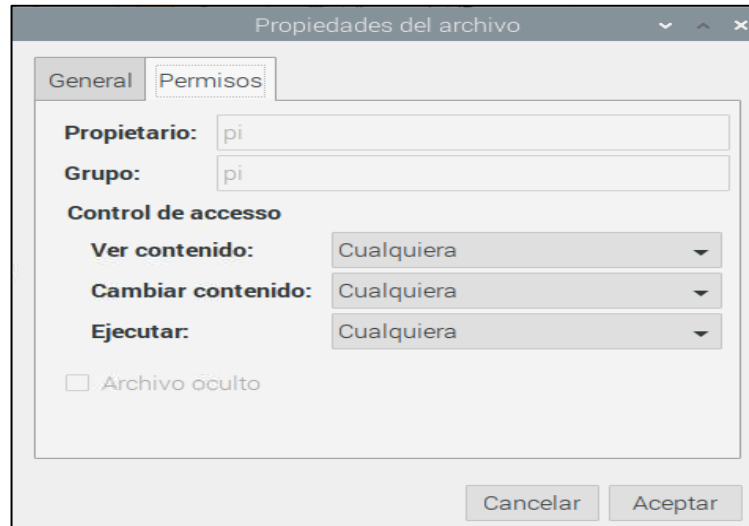


Figura C.8: Propiedades del archivo.
Elaborado por: El investigador.

Al finalizar, se ejecuta el archivo. La primera vez que se ejecuta el programa se visualiza una ventana con los términos de licencia.

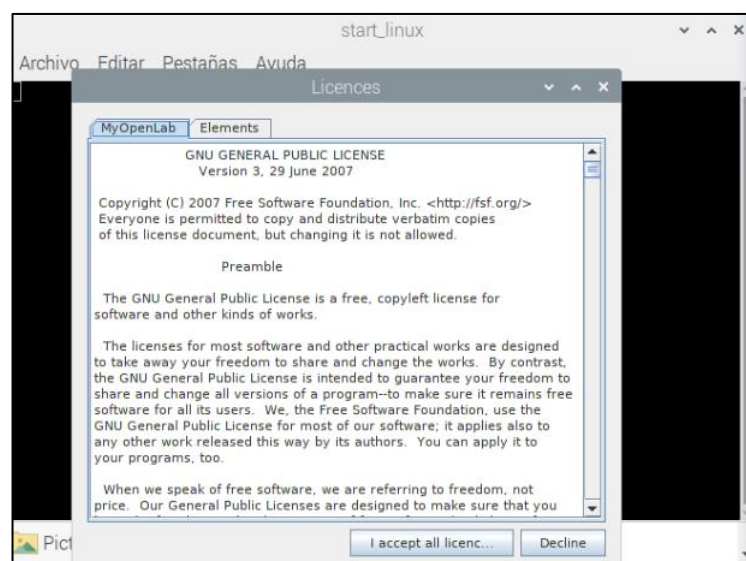


Figura C.9: GNU LICENSE.
Elaborado por: El investigador.

Se acepta los términos y se selecciona el idioma. En este caso se selecciona “español”.

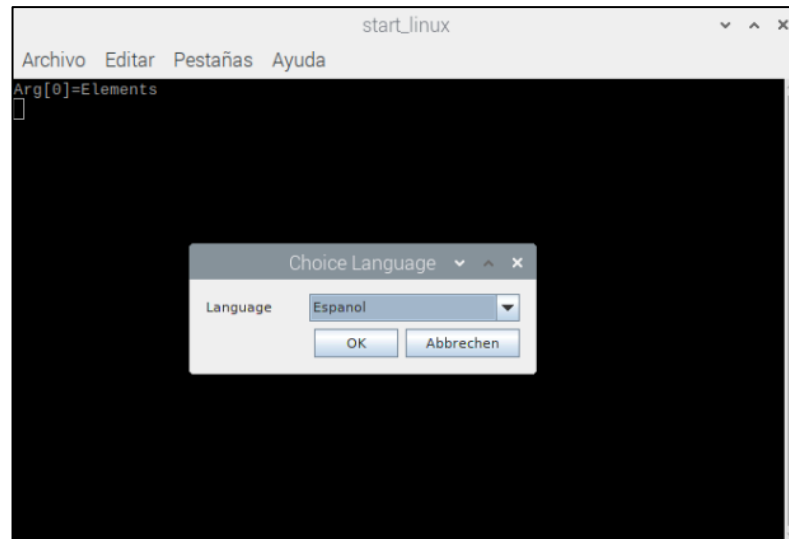


Figura C.10: Selección idioma.
Elaborado por: El investigador.

El programa requiere de una carpeta para almacenamiento de elementos. Se designó la carpeta “MyOpenLab” en el directorio “/home/pi”.

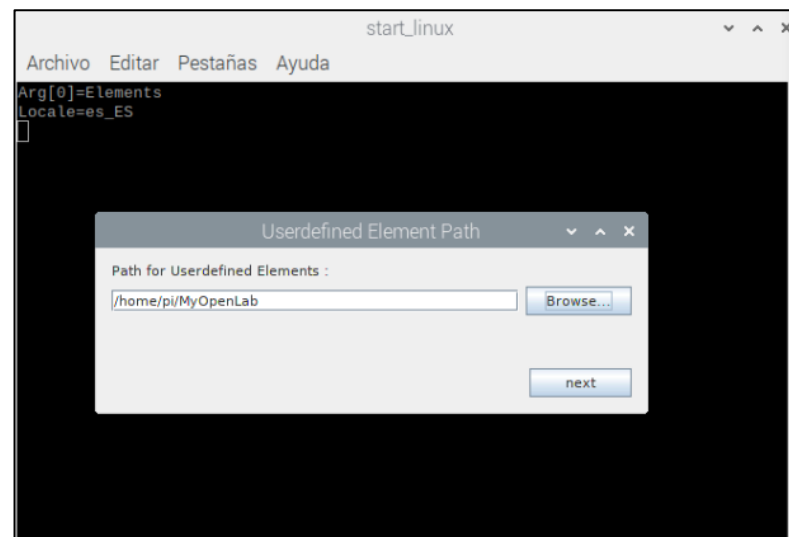


Figura C.11: Userdefined Element Path.
Elaborado por: El investigador.

Una vez finalizado, se muestra la pantalla principal del programa.

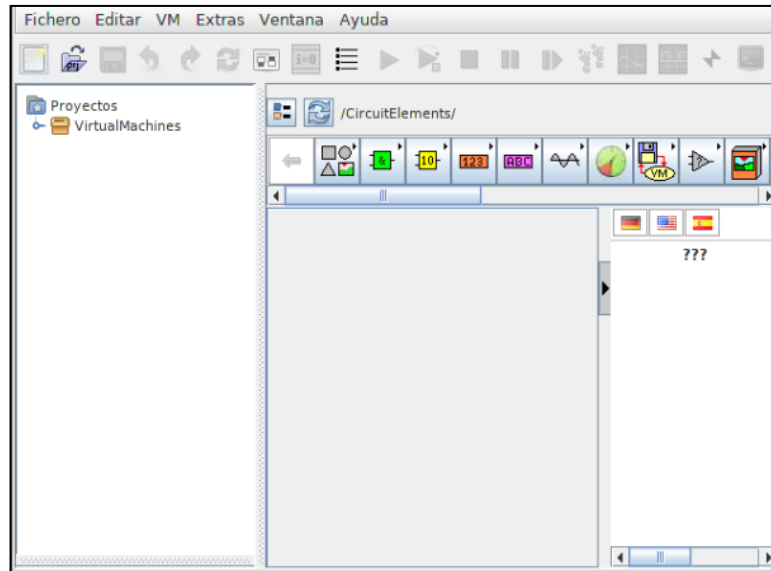


Figura C. 12: Pantalla principal MyOpenLab.

Elaborado por: El investigador.

Para la vinculación de la tarjeta Arduino Uno con el programa MyOpenLab se utiliza comunicación por puerto serial; este no se encuentra correctamente configurado por lo que al utilizar el bloque ocurre un error.

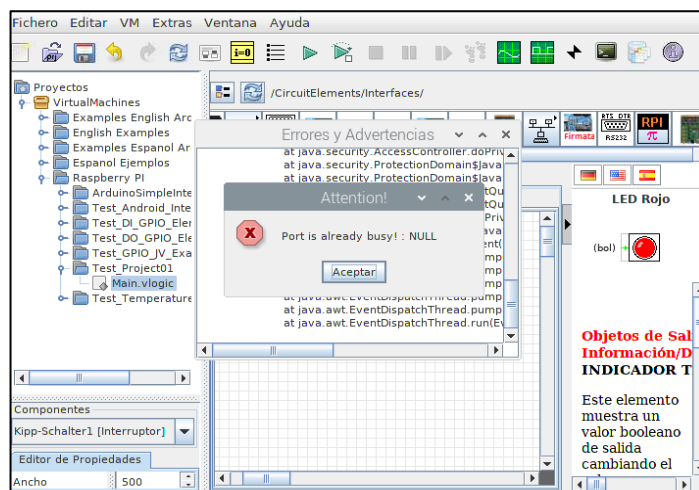


Figura C.13: Error Serial.

Elaborado por: El investigador.

Para resolver el error, se comienza con la instalación de Arduino. Para ello en una terminal de comandos se ejecuta:

sudo apt-get install arduino

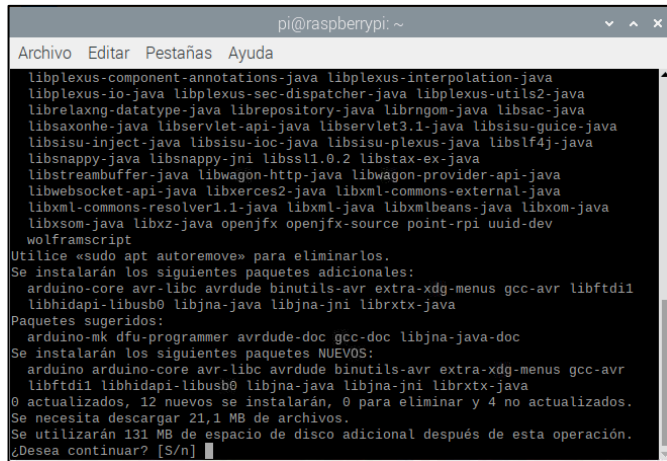


Figura C. 14: Instalación Arduino.
Elaborado por: El investigador.

Finalizada la instalación, se realiza una copia de los archivos de comunicación de Arduino en la carpeta de librerías de openjdk, utilizando los siguientes comandos:

```
sudo cp /usr/share/Arduino/lib/RXTXcomm.jar /usr/lib/jvm/java-8-openjdk-armhf/jre/lib/ext/
```

```
sudo cp /usr/lib/jni/librxtxSerial.so /usr/lib/jvm/java-1.8.0-openjdk-armhf/jre/lib/arm
```

```
sudo cp /usr/lib/jni/librxtxParallel.so /usr/lib/jvm/java-8-openjdk-armhf/jre/lib/arm
```

Una vez finalizado, se reinicia la tarjeta Raspberry. Al iniciar, abrir la carpeta “**lib**” en la carpeta donde se encuentra MyOpenLab; en esta carpeta se cambia el nombre del archivo “**RXTXcomm.jar**” por “**RXTXcomm_JV.jar**”. Este cambio se lo realiza para que la comunicación serial utilice el archivo que se copió de Arduino.

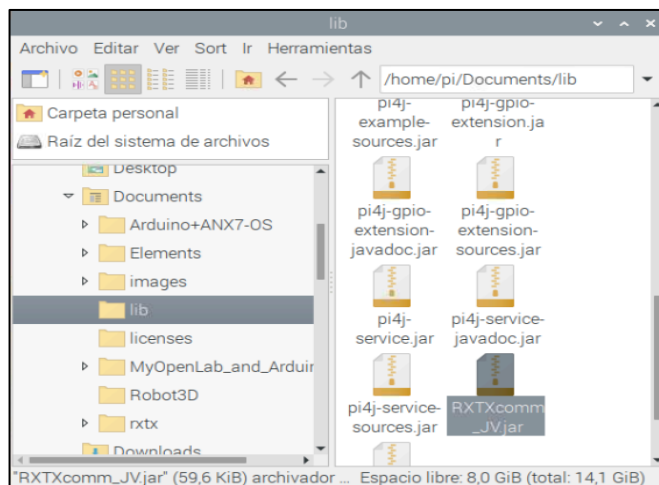


Figura C. 15: Archivo RXTXcomm.
Elaborado por: El investigador.

Anexo D: Código newreg.py

```
import csv

import mysql.connector

conexion1=mysql.connector.connect(host="localhost",
                                  user="root",
                                  passwd="12344321",
                                  database="cva")

cursor1=conexion1.cursor()

with open('/home/pi/Downloads/registro.csv') as File:
    reader = csv.reader(File, delimiter=',', quotechar=';',
                        quoting=csv.QUOTE_MINIMAL)
    for row in reader:
        #print(row)
        sql="insert into registro(id, nombre, raza, edad, estado, propietario) values (NULL, %s, %s, %s, %s, %s)"
        datos=(str(row[0]), str(row[1]), str(row[2]), str(row[3]), str(row[4]))
        cursor1.execute(sql, datos)

conexion1.commit()

conexion1.close()
```


Anexo E: Código lecprev.py

```
import csv
import mysql.connector
#asi tambien se comenta
conexion1=mysql.connector.connect(host="localhost",
                                user="root",
                                passwd="12344321",
                                database="cva")

cursor1=conexion1.cursor()
cursor1.execute("SELECT * from registro")

myFile = open('/home/pi/Downloads/prev.csv', 'w')

for row in cursor1:

    datos= [[str(row[0]), str(row[1]), str(row[2]), str(row[4])]
    print(datos)
    writer = csv.writer(myFile)
    writer.writerow(datos)

with myFile:
    """writer = csv.writer(myFile)
    writer.writerow(datos)
    print(datos)"""

conexion1.commit()
conexion1.close()
```

Anexo F: Código Arduino “prueba 1.ino”

```
//DEFINICION DE VARIABLES
//ENCODER
volatile int cont = 0;
volatile int rpm = 0;
//SALIDAS FISICAS
#define caliente 4
#define frio 5
#define vaciado 6
#define pwm 3
//visualizaciones
int mem1=0;
int mem2=0;
int mem3=0;
//ULTRASONICO
int triger = 11;
int echo = 12;
float distancia = 0;
//TEMPERATURA DS18B20
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
const int pinDatosDQ = 9; //pin de conexion bus 1-wire
int temp = 0;
int val = 0;
OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ); //Instanciacion OneWire
DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);
//RPMS
//DATOS DE LECTURA
int dato1,dato2,dato3,dato4;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(0, rpm_fun, FALLING);
  sensorDS18B20.begin();
  pinMode(caliente, OUTPUT);
  pinMode(frio, OUTPUT);
  pinMode(vaciado, OUTPUT);
  pinMode(triger, OUTPUT);
  pinMode(echo, INPUT);
```

```

    //inicializacion en cero
    digitalWrite(caliente, LOW);
    digitalWrite(frio, LOW);
    digitalWrite(vaciado, LOW);
    analogWrite(pwm,0);
}
void loop()
{
    if (Serial.available() )
    {
        if (Serial.read() == 'T')
        {
            dato1 = Serial.parseInt();
            if (Serial.read () == 'S')
            {
                dato2 = Serial.parseInt();
                if(Serial.read() == 'S')
                {
                    dato3 = Serial.parseInt();
                    if (Serial.read() == 'S')
                    {
                        dato4 = Serial.parseInt();
                    }
                }
            }
        }
    }
    ultrasonico();
    temperatura();
    encoder();
    acciones();
    enviordatos();

}

void ultrasonico()
{
    digitalWrite(triger,LOW);
    delayMicroseconds(2);

```

```

digitalWrite(triger,HIGH);
delayMicroseconds(10);

float tiempo = pulseIn(echo,HIGH);

for( int d=0; d<10; d++)
{
    distancia += (tiempo/2)/29;
    delay(20);
}

distancia /= 10;
//distancia = (tiempo/2)/29;
//distancia = 84;
}

//-----

void temperatura()
{
    sensorDS18B20.requestTemperatures();
    temp = sensorDS18B20.getTempCByIndex(0);
    /*if(temp != -127)
    {
        val = temp;
    }else{
        temp = val;
    }*/
}

void encoder()
{
    delay(1000);
    rpm = (60 * cont )/47; //numero de ranuras
    cont = 0;
}

void acciones()
{

```

```

if (dato1==1) { digitalWrite(caliente,HIGH);
                digitalWrite(frio,LOW); mem1=1;}
                else {digitalWrite(caliente,LOW); mem1=0; }

if (dato2==1) { digitalWrite(frio,HIGH);
                digitalWrite(caliente,LOW); mem2=1;}
                else {digitalWrite(frio,LOW); mem2=0; }

if (dato3==1) { digitalWrite(vaciado,HIGH); mem3=1;}
                else {digitalWrite(vaciado,LOW); mem3=0; }

if (dato4 != 0) { analogWrite(pwm, dato4); }
                else {analogWrite(pwm, 0); }
}

void enviодatos()
{
  Serial.print("I");
  Serial.print(distancia);
  Serial.print("S");
  Serial.print(temp);
  Serial.print("S");
  Serial.print(mem1);
  Serial.print("S");
  Serial.print(mem2);
  Serial.print('S');
  Serial.print(mem3);
  Serial.print('S');
  Serial.print(rpm);
  //Serial.println('S');
}

void rpm_fun()
{
  cont++;
}

```

Anexo G: Código datreg.py

```
import csv

import mysql.connector

conexion1=mysql.connector.connect(host="localhost",
                                  user="root",
                                  passwd="12344321",
                                  database="cva")

cursor1=conexion1.cursor()

with open('/home/pi/Downloads/datcon.csv') as File:
    reader = csv.reader(File, delimiter=';', quotechar=';',
                        quoting=csv.QUOTE_MINIMAL)
    for row in reader:
        #print(row)
        sql="insert into control(id,numdog,nivel,temp,vel,tiempo,fecha) values (NULL,%s,%s,%s,%s,%s,%s)"
        datos=(str(row[0]), str(row[1]), str(row[2]), str(row[3]), str(row[4]), str(row[5]))
        cursor1.execute(sql, datos)

conexion1.commit()

conexion1.close()
```

Anexo H: Instalación Servidor Web

Apache

Es un software gratuito que permite visualizar información de contenido web. Para su instalación, se ingresa el siguiente comando en una terminal:

```
sudo apt-get install apache2
```

Una vez finalizado se verifica su instalación ingresando en un navegador web y digitando la dirección IP del dispositivo.

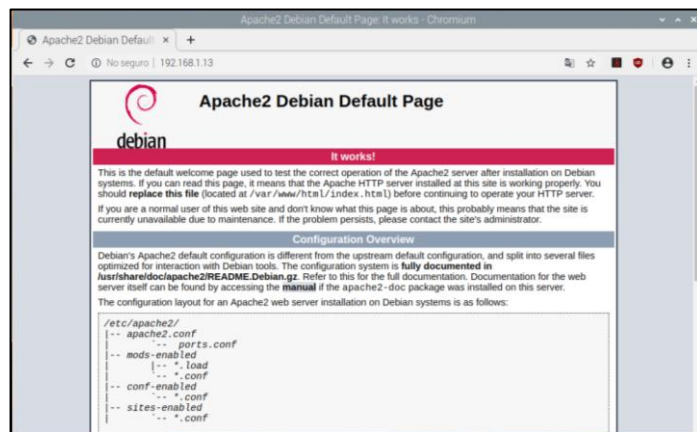


Figura H.1: Verificación Apache
Elaborado por: El investigador.

PHP

Es un lenguaje de código abierto utilizado en desarrollo web. Para su instalación se ingresa el siguiente comando en un terminal:

```
sudo apt install php libapache2-mod-php php-mysql
```

Finalizada la instalación, se reinicia utilizando el comando:

```
sudo /etc/init.d/apache2 restart
```

MYSQL

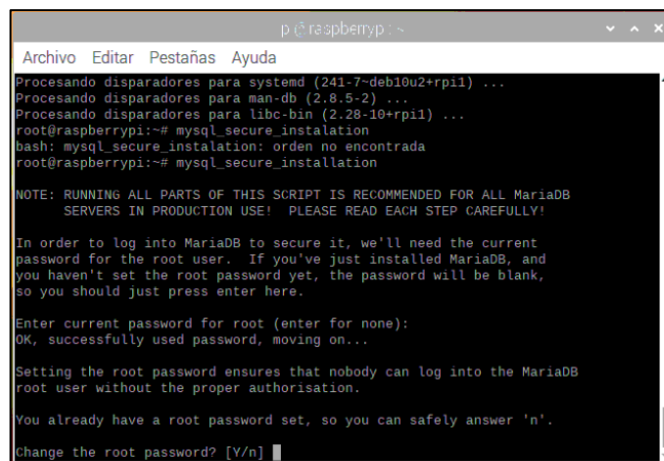
MySQL es un gestor de base de datos que permite el almacenamiento y visualización de información de manera organizada. Para su instalación se utiliza el siguiente comando:

```
sudo apt-get install mariadb-server php-mysql
```

Una vez finalizado, se configura los parámetros para su uso, utilizando el comando:

```
mysql_secure_installation
```

Al ingresar el comando se observa en la pantalla los parámetros de configuración de MySQL, comenzando con la asignación de clave para el usuario “root”.



```
p @ raspberrypi ~
Archivo Editar Pestañas Ayuda
Procesando disparadores para systemd (241-7-deb10u2+rpil) ...
Procesando disparadores para man-db (2.8.5-2) ...
Procesando disparadores para libc-bin (2.28-10+rpil) ...
root@raspberrypi:~# mysql_secure_installation
bash: mysql_secure_installation: orden no encontrada
root@raspberrypi:~# mysql_secure_installation

NOTE: RUNNING ALL PARTS OF THIS SCRIPT IS RECOMMENDED FOR ALL MariaDB
SERVERS IN PRODUCTION USE! PLEASE READ EACH STEP CAREFULLY!

In order to log into MariaDB to secure it, we'll need the current
password for the root user. If you've just installed MariaDB, and
you haven't set the root password yet, the password will be blank,
so you should just press enter here.

Enter current password for root (enter for none):
OK, successfully used password, moving on...

Setting the root password ensures that nobody can log into the MariaDB
root user without the proper authorisation.

You already have a root password set, so you can safely answer 'n'.

Change the root password? [Y/n]
```

Figura H.2: Configuración mysql_secure_installation
Elaborado por: El investigador.

Posteriormente se indican parámetros y configuraciones iniciales para el funcionamiento de MySQL; al finalizar, se muestra un mensaje de agradecimiento y el gestor se encuentra correctamente instalado.

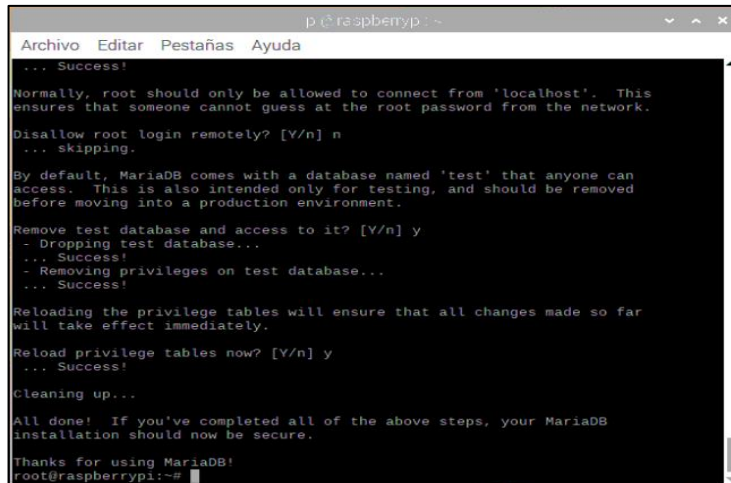


Figura H.3: Instalación completa MYSQL.
Elaborado por: El investigador.

Para la asignación de privilegios del usuario, se ingresan los siguientes comandos:

```

mysql -u root -p
DROP USER 'root'@'localhost';
CREATE USER 'root'@'localhost' IDENTIFIED BY '12344321';
GRANT ALL PRIVILEGES ON *.* TO 'root'@'localhost';
FLUSH PRIVILEGES;
quit;

```

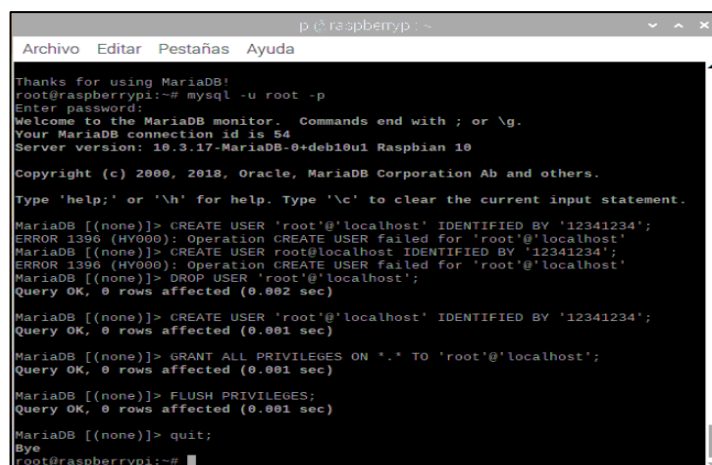


Figura H.4: Asignación privilegios MYSQL.
Elaborado por: El investigador.

PHPMYADMIN

Es un software que permite la gestión de bases de datos MySQL mediante una interfaz gráfica. Para su instalación se utiliza el siguiente comando:

```
sudo apt-get install phpmyadmin
```

Durante la instalación se muestra una pantalla de configuración, donde se selecciona la opción “apache2”.

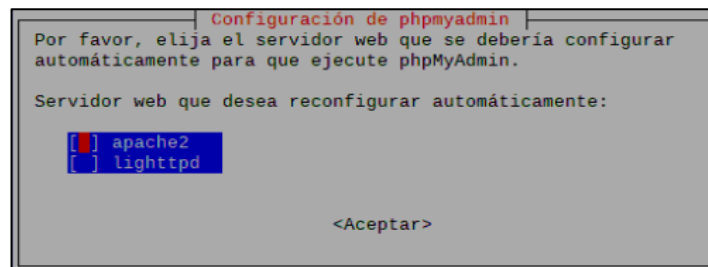


Figura H.5: Configuración phpMyAdmin.
Elaborado por: El investigador.

Posteriormente se muestra la opción de configuración de dbconfig, en la cual se selecciona la opción “SI”.

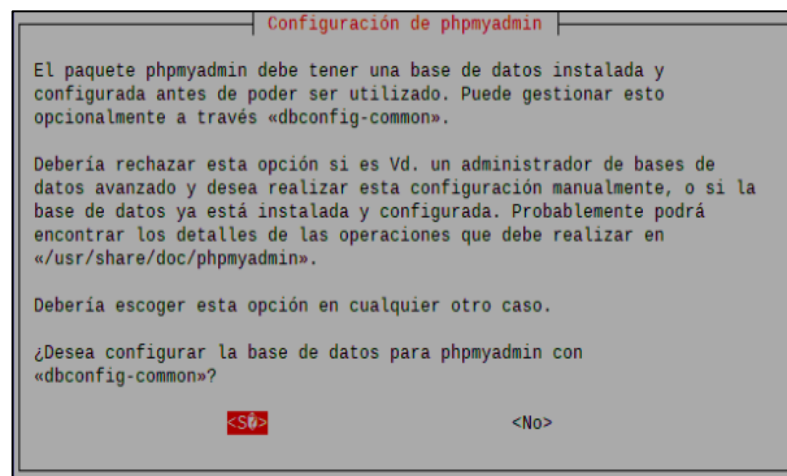


Figura H.6: phpmyadmin-dbconfig.
Elaborado por: El investigador.

La contraseña debe coincidir con la del usuario “root” creado en MySQL; la misma se ingresa en la siguiente ventana.

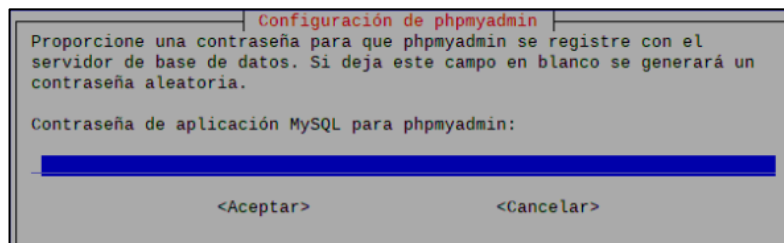


Figura H.7: phpMyAdmin-MySQL.
Elaborado por: El investigador.

Para verificar la instalación, en el navegador web se ingresa la dirección IP del dispositivo seguido de “/phpmyadmin/”.

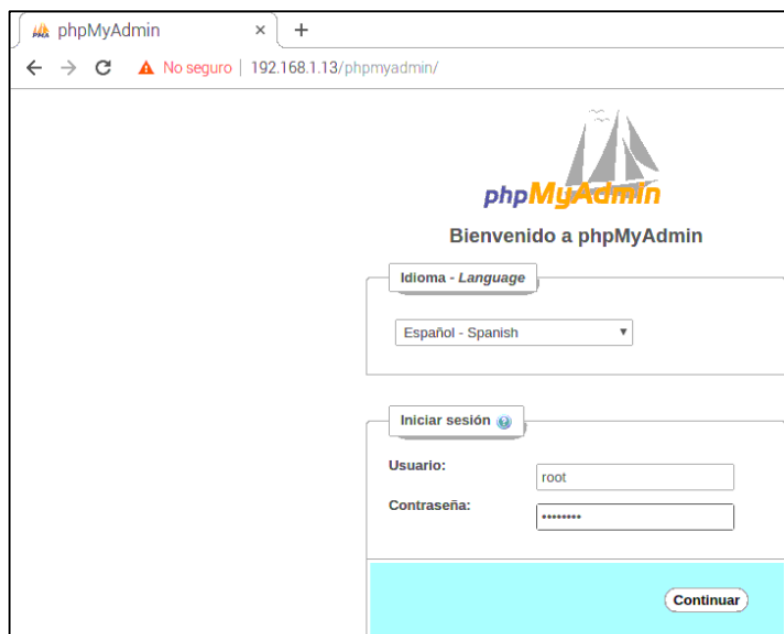


Figura H.8: Acceso phpMyAdmin.
Elaborado por: El investigador.

El usuario y contraseña son los mismos creados para la base de datos MySQL. Al ingresar se observa la pantalla principal de phpMyAdmin.

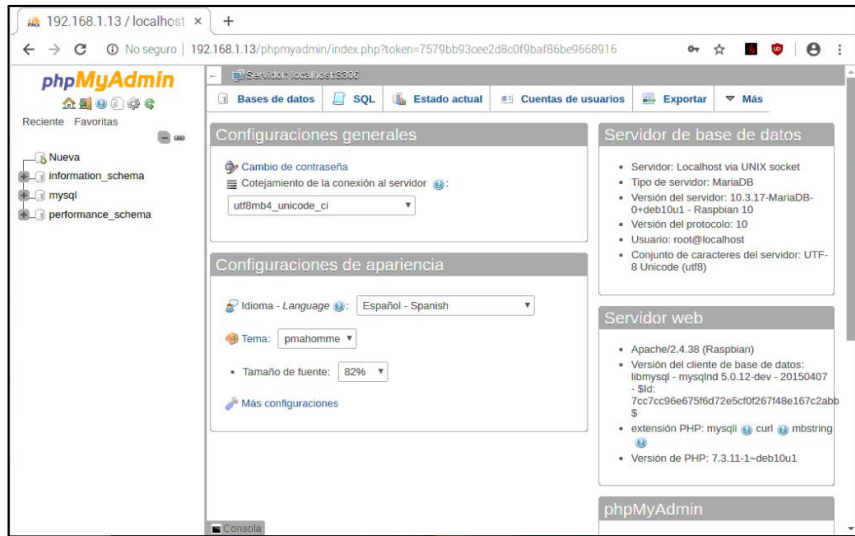


Figura H. 9: Pantalla principal phpMyAdmin.
Elaborado por: El investigador.

Anexo I: Evolución de los pacientes utilizando el prototipo

LUCKY

Lucky es un perro macho de raza French Poodle de 1.5 años de edad. Su masa es de 5 kg. Presenta intolerancia al ejercicio con pequeñas molestias al estiramiento de la articulación posterior derecha.

En la primera sesión, se evitó completamente el contacto con la cinta para que el paciente se acostumbre al ejercicio acuático. Se realizaron 3 series de 180 segundos.



Figura I.1: Primera sesión Lucky.
Elaborado por: El investigador.

Cuando se observa una mejoría en el movimiento de todas las extremidades, se disminuye el nivel de agua para que el paciente entre en contacto con la cinta y esta genere el movimiento de las extremidades. En la segunda sesión se utilizó la cinta a velocidades bajas, comenzando con 0,125 m/s. El valor de PWM requerido fue de 70. A 20 cm de nivel de agua, el paciente ya entra en contacto con la cinta. Se realizaron 3 series de 150 segundos.

En la tercera sesión se utilizó los mismos 20 cm de nivel de agua, pero aumentando a 0,142 m/s con un valor de PWM de 80. Se aumentó a 4 series, pero con un tiempo de 140 segundos.

En la cuarta sesión se utilizó 10 cm de nivel de agua a 0,142 m/s con un valor de PWM de 75. Se disminuyó 3 series con 140 segundos de tratamiento. En la quinta sesión, al ver mejoría en el movimiento de las extremidades posteriores a 10 cm de agua, se aumentó la velocidad a 0,166 m/s con un valor de PWM de 85, con 4 series de 120 segundos.

En la sexta sesión, se disminuyó a 5 cm el nivel de agua. Con una velocidad de 0,166 m/s con un valor de PWM de 85, realizando 4 series de 110 segundos. En la séptima sesión se eliminó la influencia del agua en el tratamiento. Con una velocidad de 0,2 m/s con un valor de PWM de 80, se realizaron 4 series de 110 segundos. Se observa mayor tolerancia al ejercicio.

En la octava sesión, igualmente sin agua, se aumenta la velocidad a 0,25 m/s con un valor de PWM de 90, aumentando el número de repeticiones a 5, pero disminuyendo el tiempo de tratamiento a 100 segundos. Al finalizar las sesiones el perro mostró mayor energía, disminuyó su intolerancia al ejercicio y no presentaba molestias en el estiramiento de la articulación.



Figura I.2: Sesiones finales Lucky.
Elaborado por: El investigador.

PRINCESA

Princesa es una perra hembra de raza Shih Tzu de 8 años de edad. Su masa es de 9 kg.

En la primera sesión, se evitó completamente el contacto con la cinta para que el paciente se acostumbre al ejercicio acuático. Se realizaron 3 series de 150 segundos.

En la segunda sesión se disminuyó el nivel a 20 cm, entrando en contacto con la cinta, a una velocidad de 0,125 m/s con un valor de PWM de 105. Se realizaron 3 series de 130 segundos. Se observó predisposición al movimiento.

En la tercera sesión se aumentó la velocidad a 0,142 m/s con un valor de PWM de 115. Con 20 cm de nivel de agua, se realizaron 3 series de 120 segundos. En la cuarta sesión se disminuyó el nivel de agua a 10 cm. Se utilizó una velocidad de 0,142 m/s con un valor de PWM de 100. Se realizaron 3 series de 110 segundos. Se observa mayor predisposición al movimiento de la cinta.



Figura I.3: Sesiones Princesa.
Elaborado por: El investigador.

Al observarse mayor predisposición del paciente, en la quinta sesión se mantiene el nivel de 10 cm de agua, una velocidad de 0,142 m/s con un valor de PWM de 100. Se realizan 4 series de 100 segundos.

En la sexta sesión se disminuye el nivel de agua a 5 cm. Se aumenta la velocidad a 0,166 m/s con un valor de PWM de 100. Se realizan 4 series de 100 segundos. Se observó mayor predisposición al ejercicio. En la séptima sesión se disminuyó completamente el nivel de agua. Se utilizó una velocidad de 0,166 m/s con un valor de PWM de 95. Se realizaron 4 series de 100 segundos.



Figura I.4: Sesiones Finales Princesa.
Elaborado por: El investigador.

En la octava sesión, sin agua, se aumentó la velocidad a 0,2 m/s con un valor de PWM de 95. Se realizaron 4 series de 90 segundos.

NOHA

Noha es una perra hembra de raza French Poodle de 3 años de edad. Su masa es de 7 kg. Presenta un grado variable de cojera en las extremidades posteriores con una pequeña dificultad para saltar.

En la primera sesión, se evitó completamente el contacto con la cinta para que el paciente se acostumbre al ejercicio acuático. Se realizaron 3 series de 150 segundos.

En la segunda sesión se disminuyó el nivel a 20 cm, entrando en contacto con la cinta, a una velocidad de 0,125 m/s con un valor de PWM de 90. Se realizaron 3 series de 150 segundos. En la tercera sesión se mantuvo el nivel a 20 cm, con una velocidad de 0,125 m/s con un valor de PWM de 90. Al ver mayor predisposición al ejercicio, se aumentó a 4 series de 140 segundos.

En la cuarta sesión se disminuyó el nivel a 10 cm. Se utilizó una velocidad de 0,142 m/s con un valor de PWM de 95. Se realizaron 3 series de 140 segundos. En la quinta sesión, se mantiene los 10 cm de nivel de agua, aumentando la velocidad a 0,166 m/s con un valor de PWM de 105. Se realizaron 3 series de 120 segundos.



Figura I.5: Sesiones Noha.
Elaborado por: El investigador.

En la sexta sesión, se disminuye el nivel a 5 cm. Se mantiene una velocidad de 0,166 m/s con un valor de PWM de 95. Se realizaron 3 series de 120 segundos. Se observa mayor predisposición al ejercicio.

En la séptima sesión se disminuyó completamente el nivel de agua. Se utilizó una velocidad de 0,2 m/s con un valor de PWM de 100. Al ver mayor predisposición, se realizaron 4 series de 110 segundos.



Figura I.6: Sesiones Finales Noha.
Elaborado por: El investigador.

En la octava sesión no se realizó sin agua. Se utilizó una velocidad de 0,25 m/s con un valor de PWM de 110. Se realizaron 4 series de 100 segundos. Al finalizar su cojera disminuyó considerablemente, aumentó su vitalidad y presentó menor dificultad para realizar saltos.

PIMIENTA

Pimienta es una perra hembra de raza Schnauzer de 6 años de edad. Su masa es de 12 kg. Presenta intolerancia al ejercicio y una pequeña dificultad para saltar.

En la primera sesión, se evitó completamente el contacto con la cinta para que el paciente se acostumbre al ejercicio acuático. Se realizaron 3 series de 130 segundos. El perro no se acostumbró completamente al ejercicio acuático. En la segunda sesión se mantuvo el nivel en 30 cm. Se realizaron 3 series de 140 segundos. Se observa mayor predisposición al ejercicio.



Figura I.7: Primeras sesiones Pimienta.

Elaborado por: El investigador.

En la tercera sesión, se disminuyó el nivel a 20 cm. El perro se encuentra en contacto con la cinta. Se utilizó una velocidad de 0,142 m/s con un valor de PWM de 140. Se realizaron 3 series de 130 segundos. Se observó mayor predisposición del paciente a la rehabilitación.

En la cuarta sesión se disminuyó el nivel a 10 cm. Se utilizó una velocidad de 0,142 m/s con un valor de PWM de 125. Se realizaron 3 series de 110 segundos. Se observó una mejora en la predisposición al tratamiento. En la quinta sesión, se mantuvo el nivel de 10 cm. Se mantuvo la velocidad de 0,142 m/s con un valor de PWM de 125. Se realizó 4 series de 110 segundos.



Figura I.8: Sesiones Finales Pimienta.
Elaborado por: El investigador.

En la sexta sesión se disminuyó el nivel a 5 cm. Se mantuvo la velocidad de 0,142 m/s con un valor de PWM de 115. Se realizaron 4 series de 100 segundos. En la séptima sesión, se realizó sin agua. Se utilizó una velocidad de 0,142 m/s con un valor de PWM de 110. Se realizaron 4 series de 100 segundos. Se observó mayor predisposición al ejercicio.

En la octava sesión, se realizó sin agua. Se utilizó una velocidad de 0,166 m/s con un valor de PWM de 115. Se realizaron 5 series de 100 segundos. Al finalizar el tratamiento, se observó una mayor energía en el perro y disminución en la dificultad para saltar.

LUNA

Luna es una perra de raza Schnauzer de 4 años de edad. Su masa es de 10 kg.

En la primera sesión, se evitó completamente el contacto con la cinta para que el paciente se acostumbre al ejercicio acuático. Se realizaron 3 series de 150 segundos.



Figura I.9: Primeras sesiones Luna.
Elaborado por: El investigador.

En la segunda sesión, se disminuyó el nivel a 20 cm. Se utilizó una velocidad en la cinta de 0,125 m/s con un valor de PWM de 110. Se realizaron 3 series de 140 segundos. Se observó mayor predisposición al ejercicio. En la tercera sesión se mantuvo el nivel en 20 cm. Se utilizó una velocidad de 0,125 m/s con un valor de PWM de 110. Se realizaron 4 series de 120 segundos.

En la cuarta sesión se disminuyó el nivel a 10 cm. Se utilizó una velocidad de 0,125 m/s con un valor de PWM de 100. Se realizaron 4 series de 120 segundos. En la quinta sesión se mantuvo el nivel de 10 cm. Se utilizó una velocidad de 0,142 m/s con un valor de PWM de 110. Se realizaron 4 series de 110 segundos.

En la sexta sesión se disminuyó el nivel a 5 cm. Se utilizó una velocidad de 0,142 m/s con un valor de PWM de 100. Se realizaron 4 series de 100 segundos. Se observó una mayor predisposición del perro a realizar ejercicio sobre la cinta.



Figura I.10: Sesiones Finales Luna.
Elaborado por: El investigador.

En la séptima sesión, se realizó sin agua. Se utilizó una velocidad de 0,166 m/s con un valor de PWM de 100. Se realizaron 4 series de 100 segundos. En la octava sesión, se realizó sin agua. Se aumentó la velocidad a 0,2 m/s con un valor de PWM de 110. Se realizaron 4 series de 110 segundos.